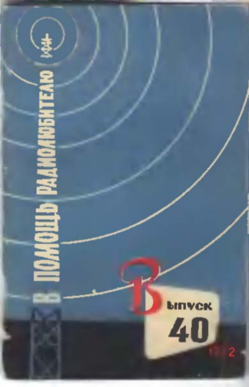

В помощь радиолюбителю
Выпуск
40

Содержание

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

УСТРОЙСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТИРИСТОРНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

В. Ломанович

В последние годы отечественной промышленностью разработана и освоена большая серия кремниевых управляемых вентилей-тиристоров с номинальным напряжением от 50 до 1000 *в* и рабочим током от 1 до 300 *а*. Это позволяет широко использовать их при конструировании различных автоматических систем для управления производственными процессами.

Тиристоры все больше и больше применяют в различных устройствах для регулирования, преобразования и переключения как небольших, так и очень высоких уровней постоянного и переменного напряжения.

Особенно эффективно тиристоры работают в устройствах переменного тока, где можно обеспечить их автоматическое отключение во время мгновенного снижения синусоидального тока в каждый рабочий полупериод. В настоящее время тиристорные преобразователи получили широкое распространение в различных системах стабилизации и регулирования скорости асинхронных двигателей, напряжения выпрямительных устройств, тока дуговой сварки и гальванических ванн, температуры электропечей и термостатов и т. п.

Как правило, силовая часть подобных установок содержит исполнительный орган, выполненный на тиристорах, и устройство для автоматического или ручного управления ими. Разработан ряд устройств для включения тиристоров в различные сети переменного тока и управления их углом открывания.

Тиристорные преобразователи для однофазных сетей переменного тока выполняют на одном или двух тиристорах. Довольно большое распространение получило встречно-параллельное включение двух тиристоров

(рис. 1*а*). Такое включение содержит минимальное количество вентильных элементов и может пропускать обе полуволны переменного тока. При наличии соответствующего устройства управления встречно-параллельное включение тиристоров позволяет осуществлять полное регулирование действующего значения переменного тока в цепи нагрузки $R_н$.

Схема (рис. 1*а*) обладает высоким к. п. д., так как величина падения напряжения на тиристорах T_1 и T_2 не превышает 0,7—1,0 *в*. Тиристоры T_1 и T_2 как в прямом, так и в обратном направлении должны быть рассчитаны на полное напряжение сети. Среднее значеиие проходящего через один тиристор тока равно 0,45 его действую-

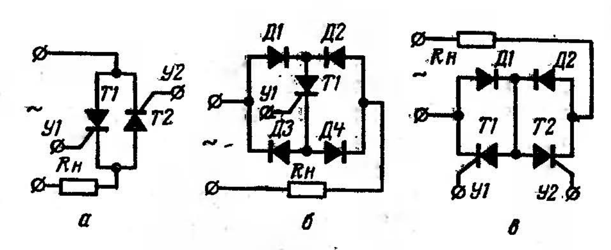


Рис. 1. Основные схемы регуляторов с встречно-параллельным включением двух тиристоров (*а*), на одном тиристоре с диодным мостом (*б*), диодно-тиристорная (*в*)

щей величины, так как они включаются поочередно. Обязательным условием для работы схемы встречно-параллельного включения тиристоров является гальваническая развязка их цепей управления.

В схеме включения, приведенной на рис. 1*б*, используется лишь один тиристор T_1, подключенный к диагонали моста, составленного из четырех неуправляемых вентилей $Д_1$ — $Д_4$. Такая схема также пропускает обе полуволны тока к нагрузке $R_н$. Тиристор T_1 в этом случае оказывается защищенным от воздействия обратного напряжения диодами моста. Эти диоды выбираются с таким расчетом, чтобы их обратное напряжение было таким же, как и прямое напряжение тиристора T_1, и равнялось 1,41 действующего напряжения сети. Тиристор T_1 должен быть рассчитан на номинальный ток, соответствующий 0,9 величины тока в нагрузке $R_н$, так как через него последовательно проходят обе полуволны тока. Дио-

ды $Д_1 — Д_4$ должны пропускать 0,45 величины действующего значения тока в нагрузке $R_н$. К недостаткам схемы рис. 1*б* следует отнести довольно значительные потери, в два-три раза превышающие потери в схеме рис. 1*а*.

Схема (рис. 1*в*) занимает промежуточное положение между схемами рис. 1*а* и рис. 1*б*. Тиристоры T_1 и T_2 в ней также защищены от воздействия обратного напряжения диодами $Д_1 — Д_2$. Среднее значение тока, протекающего через тиристоры и диоды, равно 0,45 величины от действующего значения тока в нагрузке $R_н$. Цепи управления тиристорами T_1 и T_2 могут быть объединены так, что включение их может осуществляться общим импульсом управления, поступающим одновременно на тиристоры T_1 и T_2.

При необходимости пропускания тока и напряжения более высоких, чем предельно допустимые для тиристоров данного типа, прибегают к параллельному или последовательному включению нескольких однотипных тиристоров. В этих случаях для выравнивания токов и напряжений, воздействующих на отдельные тиристоры схемы, используют выравнивающие активные или реактивные элементы, подключаемые последовательно с тиристорами при их параллельном соединении.

Для выравнивания напряжения при последовательном соединении тиристоров используют шунтирующие сопротивления и емкости или же включают параллельно с каждым тиристором высоковольтные симметричные кремниевые стабилитроны, которые ограничивают обе полуволны напряжения, воздействующего на тиристор. Во всех этих схемах неизбежны потери мощности в добавочных активных и реактивных элементах и рост прямого тока утечки тиристоров из-за шунтирующего действия включенных параллельно с ними сопротивлений. По этой причине и из-за высоких требований, предъявляемых к устройствам управления параллельно или последовательно включенными тиристорами, соединять их таким образом по возможности избегают, выбирая для исполнительного устройства соответствующий тип тиристора.

Следует указать также на то, что во всех случаях параллельного или последовательного включения нескольких тиристоров обязательным является их предварительный подбор. Они должны быть одного типа и класса и с минимальными расхождениями по обратному току и напряжению.

Для открывания тиристоров, включенных в цепь переменного тока, можно воспользоваться импульсным напряжением одинаковой частоты с анодным. Сдвигая момент подачи импульсов на управляющие электроды тиристоров во времени, можно в широких пределах регулировать угол отпирания тиристоров и соответственно мощность, подводимую к исполнительному органу установки. В настоящее время известны различные методы управления углом отпирания тиристоров: амплитудный, фазовый, импульсно-фазовый и вертикальный. Последний обладает рядом преимуществ, так как обеспечивает высокий коэффициент передачи и безинерционность устройства управления.

Одной из наиболее популярных систем подобного рода является система, использующая вертикальный число-импульсный метод управления. Сущность его состоит в том, что управляющий сигнал постоянного тока воздействует на генератор пилообразного напряжения, управляющий триггером или мультивибратором. При запуске триггера возникает пачка коротких положительных импульсов, используемых для управления углом открывания тиристоров. Такая система обеспечивает надежное управление тиристорным устройством, исключающее возможность ложных срабатываний или отключений тиристоров. Длительность пачки импульсов, поступающих на электроды управления тиристоров, контролируется сигналом постоянного тока, поступающим от датчика.

Однако в ряде случаев при использовании подобных типовых устройств, например универсальной системы управления тиристорными преобразователями, разработанной Куйбышевским политехническим институтом (авторы Авдеев О. Н., Димов Э. М., Колесников К. Д. и Михайлов А. М.), встречается ряд трудностей.

Так, например, при большом сигнале рассогласования на входе устройства управления генератор импульсов запирается и подводимая к исполнительному органу установки мощность падает до нуля. То же самое наблюдается и при различных неисправностях в цепи сигнала управления (при обрыве или увеличении контактного сопротивления регулирующей цепи). Практически установка в этих случаях отключается, и может возникнуть аварийная ситуация.

Иногда из-за отсутствия защиты от серии неуправляемых импульсов, возникающих на выходе блока управ-

ления при случайном отключении или повреждении цепи питания, можно наблюдать резкие броски тока и перегорание плавких предохранителей в силовом блоке установки.

В описываемой полупроводниковой системе управления для тиристорных преобразователей предусмотрен ряд мер, позволяющих исключить вышеперечисленные недостатки. Блок-схема тиристорного регулятора для нагрузок переменного тока приведена на рис. 2. Регулятор состоит из тиристоров T_1, T_2, включенных встречно-параллельно по отношению друг к другу и последовательно с нагрузкой по переменному току $R_н$. Для защиты тиристоров от коммутационных перенапряжений параллельно с ними подключена цепочка R_1C_1. Управление углом открывания тиристоров T_1, T_2 обеспечивается блоком *УУ*. Оно может осуществляться ручным регулятором *РР* и с помощью сигнала рассогласования, подаваемого на вход усилителя постоянного тока УПТ.

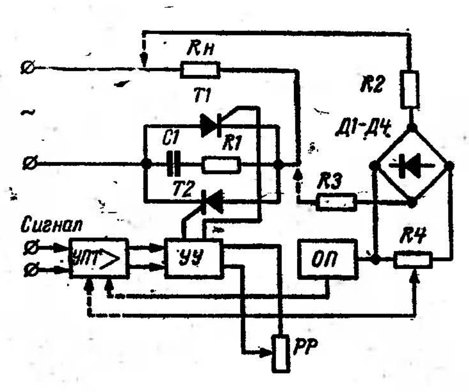
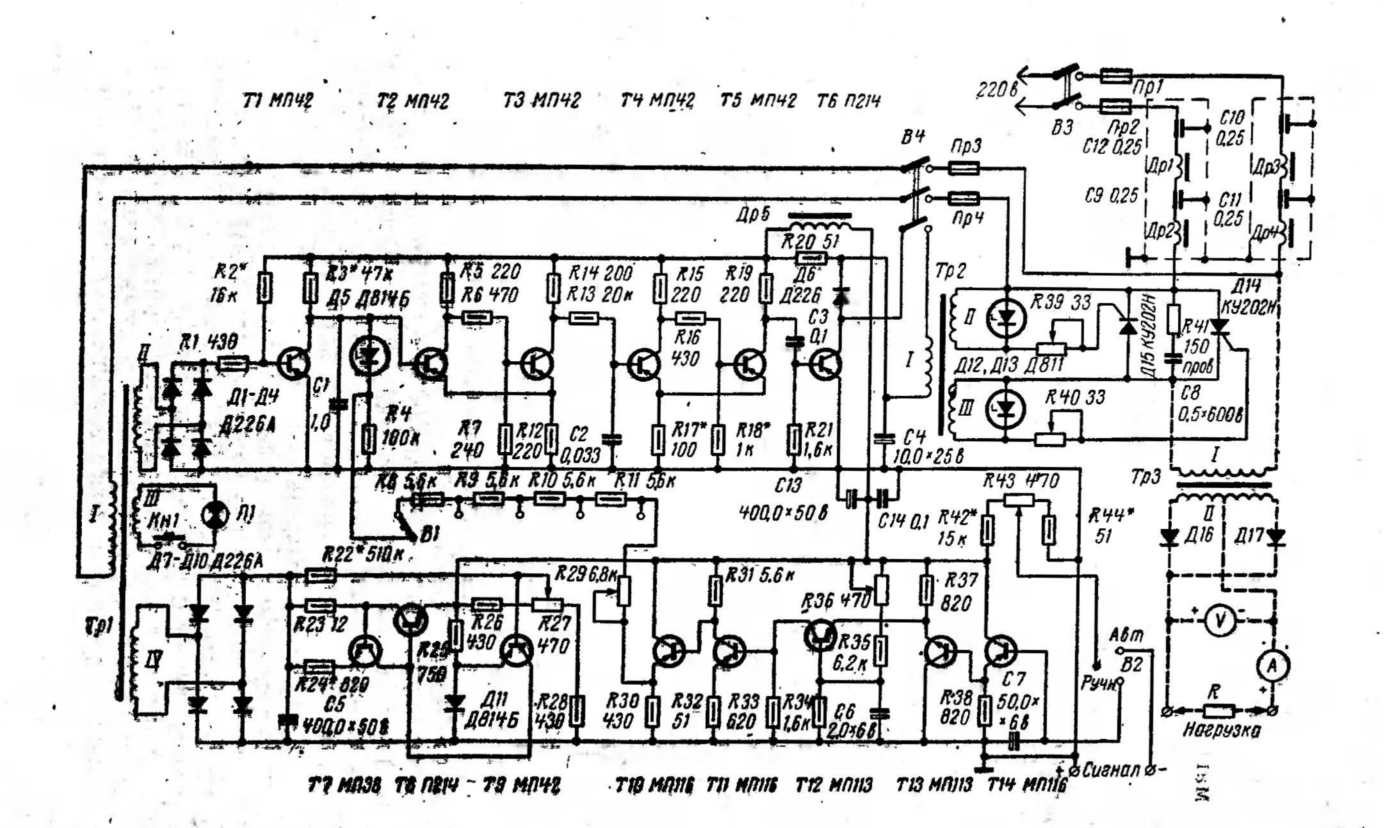


Рис. 2. Блок-схема тиристорного регулятора для нагрузок переменного тока

При необходимости стабилизации какого-либо заданного параметра (например, напряжения на нагрузке $R_н$) в регулятор могут быть введены дополнительные узлы: источник опорного напряжения (стабилизированный выпрямитель), с выходным напряжением этого источника будет сравниваться напряжение на нагрузке $R_н$, поступающее через резисторы R_2, R_3 на вспомогательный выпрямительный мост $Д_1 — Д_4$.

Описанная установка обеспечивает регулировку величины среднего тока в нагрузке $R_н$ в пределах от 0 до 100%. Она позволяет управлять объектами различных типов, так как величина регулируемой мощности определяется лишь напряжением сети и типом тиристоров (от 200 *вт* до 15—20 *квт*), а нагрузка $R_н$ может быть как активного, так и активно-индуктивного характера.



Т1 МП42
Т2 МП42
Т3 МП42
Т4 МП42
Т5 МП42
Т6 П214
220 в
В3
Пр1
Пр2
С12 0,25
С10 0,25
С9 0,25
С11 0,25
Др1
Др2
Др3
Др4
В4
Пр3
Пр4
Др5
R20 51
Д6 Д226
R2* 16к
R3* 47к
Д5 Д814Б
R5 220
R6 470
R14 200
R13 20к
R15 220
R16 430
R19 220
С3 0,1
Тр2
R39 33
Д12, Д13 Д811
Д15 КУ202Н
Д14 КУ202Н
R41 150 пров
С8 0,5×600в
R40 33
R1 430
Д1-Д4 Д226А
С1 1,0
R4 100к
R7 240
R12 220
С2 0,033
R17* 100
R18* 1к
R21 1,6к
С4 10,0×25в
Тр3
R8 5,6к
R9 5,6к
R10 5,6к
R11 5,6к
С13 400,0×50в
С14 0,1
R43 470
R42* 15к
R44* 51
Д16
Д17
Кн1
Л1
В1
Д7-Д10 Д226А
R22* 510к
R29 6,8к
R31 5,6к
R36 470
R37 820
Тр1
R23 12
R26 430
R27 470
R25 750
R24* 820
С5 400,0×50в
Д11 Д814Б
R28 430
R30 430
R32 51
R33 620
R34 1,6к
R35 6,2к
С6 2,0×6в
R38 820
С7 50,0×6в
Авт
В2
Ручн
Нагрузка
R
V
A
Сигнал
Т7 МП38
Т8 П214
Т9 МП42
Т10 МП116
Т11 МП116
Т12 МП113
Т13 МП113
Т14 МП116

Полная электрическая схема устройства управления приведена на рис. 3. Нагрузкой устройства служит регулируемый выпрямитель, выполненный на силовом трансформаторе $Тр_3$ и вентилях $Д_{16}$, $Д_{17}$. Регулируемым элементом служат два встречно-параллельно включенных тиристора $Д_{14}$ и $Д_{15}$, которые могут управлять средним током нагрузки до 20 *а*. При напряжении сети переменного тока 220 *в* предельная величина регулируемой мощности достигает 4—4,5 *квт*.

Полупроводниковое устройство управления тиристорами $Д_{14}$ и $Д_{15}$ построено по вертикальному число-импульсному методу на транзисторах $T_1 — T_6$. Мост $Д_1 — Д_4$, подключенный к обмотке II силового трансформатора $Тр_1$, питает положительными синусоидальными импульсами базовую цепь транзистора T_1 генератора пилообразных импульсов (ГПИ). Когда на базу этого транзистора поступают выпрямленные синусоидальные импульсы с частотой 100 *гц*, то они закрывают его на весь период следования импульса. В это время происходит заряд конденсатора C_1 через резистор R_3. Когда амплитуда заряжающего импульса уменьшится до нуля, транзистор T_1 открывается и емкость C_1 мгновенно разряжается через него. Таким образом на коллекторе этого транзистора формируются пилообразные импульсы с частотой 100 *гц*. Параметры пилообразного импульса определяются зарядно-разрядной цепочкой R_3, C_1.

Как только напряжение на конденсаторе C_1 достигнет порога срабатывания первого триггера, выполненного на транзисторах T_2 и T_3, он опрокидывается и на резисторе R_{14} формируется отрицательный импульс, длительность которого может меняться от 0 до $T/2$, где T — периоды частоты сети. Длительность отрицательного импульса определяется величиной управляющего напряжения на резисторе R_4. Это напряжение поступает с выходного каскада усилителя постоянного тока (УПТ) через цепь резисторов $R_8 — R_{11}$, которая представляет собой пятиступенчатый ограничитель выходной мощности исполнительного устройства с плавной регулировкой ее в каждой ступени с помощью переменного резистора R_{29}. Комбинируя положения переключателя B_1 и положения движка

Рис. 3. Электрическая схема устройства управления (транзистор T12 типа n-p-n).
При ручной регулировке база T_{14} подключается к движку R_{43}, при автоматической — к минусу сигнала.

резистора R_{29}, можно устанавливать заданный предельный угол открывания тиристоров $Д_{14}$, $Д_{15}$, независимо от величины сигнала на входе УПТ, т. е. производить грубую и плавную регулировку максимальной мощности иа выходе объекта управления.

Триггер Шмитта на транзисторах T_2, T_3, работающий в режиме переключения, обеспечивает необходимую развязку между ГПИ и вторым триггером с эмиттерной связью, выполненным на транзисторах T_4, T_5. Это исключает возможность потери управления при превышеиии определенного уровня сигнала рассогласования или неисправности сигнальной цепи. База транзистора T_2 подключена к выходу ГПИ, а коллектор T_3 — к входной цепи генератора импульсов управления. Такая схема исключает возможность непосредственного воздействия сигнала рассогласования на входную цепь генератора импульсов управления, так как между ними включен промежуточный триггер (транзисторы T_2, T_3). Режим работы импульсного генератора при этом не нарушается, потому что при любой величине сигнала рассогласования, поступающего с выхода УПТ, напряжение в коллекторной цепи T_3 не сможет превысить определенной величины.

Транзисторы T_4 и T_5 образуют триггер с эмиттерной связью, способный при запуске генерировать прямоугольные импульсы с частотой 2—3 *кгц*, длительностью фронта 1—1,5 *мксек* и скважиостью 4÷5. Время, в течение которого этот триггер генерирует импульсы, зависит от длительности импульса на коллекторе транзистора T_4 и может меняться от нуля до $T/2$. С коллектора транзистора T_5 эти импульсы в отрицательной поляриости поступают через цепь C_3R_{21} на базу транзистора T_6, работающего в ключевом режиме. Коллекторной нагрузкой транзистора T_6 служит первичная обмотка выходного трансформатора $Тр_2$, со вторичных обмоток II и III которого генерируемые импульсы поступают на электроды управления тиристоров $Д_{14}$ и $Д_{15}$.

Диоды $Д_6$, $Д_{12}$ и $Д_{13}$ необходимы для срезания положительных выбросов напряжения на коллекторе T_6 и на управляющих электродах тиристоров. В качестве диодов $Д_{12}$ и $Д_{13}$ применены стабилитроны типа Д811, ограничивающие амплитуду импульсов управления на уровне 9—10 *в*. При наличии отводов во вторичных обмотках трансформатора $Тр_2$ можно использовать в силовом блоке тиристоры различных типов.

Усилитель постоянного тока (УПТ) блока управления собран на транзисторах T_{10} — T_{14}. Первые два каскада усилителя (транзисторы T_{14}, T_{13}) выполнены по схеме Дарлингтона, обладающей высоким входным (порядка 50 *ком*) и низким выходным (около 5—7 *ом*) сопротивлениями. Транзистор T_{12} третьего каскада УПТ включен по схеме с общей базой, имеющей малое входное сопротивление и малый дрейф нуля. Установка рабочей точки усилителя производится с помощью переменного резистора R_{36}, при вращении движка которого изменяется величина смещения на базе транзистора T_{12}, что позволяет задавать необходимый режим работы УПТ по постоянному току. Дальнейшее усиление сигнала рассогласования производится в каскаде, выполненном на транзисторе T_{11}. Выходной каскад усилителя транзистор T_{10} представляет собой эмиттерный повторитель. Коэффициент усиления УПТ — порядка 150, дрейф нуля равен 3,3 *мкв/°* С.

Импульсное устройство и УПТ питаются от стабилизированного мостового выпрямителя, выполненного на диодах $Д_7$ — $Д_{10}$, транзисторах T_7 — T_9 и кремниевом стабилитроне $Д_{11}$. Подбор выходного напряжения выпрямителя производится в период налаживания устройства управления путем регулировки сопротивления переменного резистора R_{27}.

Детали описанного блока управления монтируют на гетинаксовых панелях способом печатного или навесного монтажа и панели при помощи опорных бобышек закрепляют в горизонтальном положении на дне общего стального корпуса размером 300×200×110 *мм*. В этом же корпусе устанавливают силовой трансформатор $Тр_1$ и выходной трансформатор импульсного устройства $Тр_2$. Тиристоры $Д_{14}$, $Д_{15}$ вместе с резистором R_{41} и конденсатором C_8 располагают на отдельной панели из изоляционного материала толщиной 5 *мм* размером 200×100 *мм*. Тиристоры снабжают стандартными восьмиреберными радиаторами размером 80×80×30 *мм* (в том случае, если предполагается работа устройства с меньшим максимальным током, размер радиаторов и общей панели этого блока может быть уменьшен). Детали фильтра радиопомех монтируют в двух стальных цилиндрах диаметром 60 *мм* и длиной 150 *мм* (при желании их можно разместить и в общем экране).

Детали импульсного устройства размещены на пане-

ли из гетинакса толщиной 2 *мм*, размером 240×80×2 *мм*, УПТ и стабилизированного выпрямителя — на таких же панелях размером 160×60 *мм*. В устройстве применяют постоянные резисторы МЛТ-0,5 (за исключением R_{41}), переменные резисторы R_{27}, R_{29}, R_{36} — СП-1, R_{39}, R_{40} и R_{43} — проволочные ППЗ-11, конденсаторы C_1, C_2, C_3 — бумажные КБГ-МП или металлобумажные МБМ, C_4, C_5, C_6, C_7 — электролитические К50-6, C_8 — металлобумажный МБГТ, C_9 — C_{12} — бумажные проходные КБП-Ф на ток 20 *а* с креплением фланцем.

Силовой трансформатор $Тр_1$ выполнен на стальном сердечнике из пластин Ш-20, набор 50 *мм*. Первичная обмотка *I* содержит 960 витков провода ПЭЛ-1 0,33, обмотки *II* и *III* — по 32 витка провода ПЭЛ-1 0,2 и обмотка *IV* — 140 витков провода ПЭЛ-1 0,8. Если предполагается работа устройства в сети с напряжением 127 *в*, необходимо снабдить обмотку *I* отводом от 555-го витка. Обмотки выходного трансформатора $Тр_2$ импульсного устройства намотаны на сердечнике из трансформаторной стали Ш-20, набор 20 *мм*. Первичная обмотка *I* содержит 300 витков провода ПЭВ-2 0,3, выходные обмотки *II* и *III* — по 500 витков провода ПЭВ-2 0,3 (для работы с тиристорами других типов от этих обмоток следует сделать отводы от 300 и 400 витков). Обмотки *II* и *III* должны быть очень хорошо изолированы от обмотки *I* и друг от друга, так как их подключают непосредственно к сети переменного тока напряжением 220 *в*.

Переключатель $В_1$ — обычный одноплатный переключатель на 5 положений типа ПГК или ПГГ (или малогабаритный типа ПМ). $В_2$ и $В_3$ — тумблеры ТП 1/2, $В_4$ — трехполюсный тумблер.

При налаживании описанного устройства управления следует руководствоваться табл. 1, в которой приведены величины постоянных напряжений на электродах всех транзисторов, и табл. 2, где даны значения переменных напряжений на электродах транзисторов $Т_1$ — $Т_6$. Измерения сделаны относительно «земли» универсальным ламповым вольтметром ВК7-9.

Налаживание начинают с регулировки стабилизированного выпрямителя на диодах $Д_7$ — $Д_{10}$, которая в основном сводится к подбору оптимальной величины сопротивления резистора R_{22} с целью получения минимальной пульсации постоянного напряжения на выходе выпрямителя. Подбирая резистор R_{24}, устанавливают заданный

Таблица 1

№ п/п	Без входного сигнала			С входным сигналом		
	напряжения (*в*) на			напряжения (*в*) на		
	базе	коллекторе	эмиттере	базе	коллекторе	эмиттере
T_1	+4	−1,5	−0	+4	−7	−0
T_2	−1,5	−12,6	−4	−7	−7,7	−6,6
T_3	−4,5	−13,5	−4	−2,4	−16	−6,6
T_4	−7	−11,5	−6,7	−5,8	−11	−5,9
T_5	−7,1	−6,8	−6,7	−6,1	−8	−5,9
T_6	+0,13	−17	−0	−0,03	−13	−0
T_7	−35	−15	−35	—	—	—
T_8	−15	−35	−15	—	—	—
T_9	−9	−15	−9	—	—	—
T_{10}	—	—	—	−6,1	−15	−5,4
T_{11}	—	—	—	−0,65	−0,03	−0,65
T_{12}	—	—	—	−3	−0,65	−3,7
T_{13}	—	—	—	−3,1	−10	−3,7
T_{14}	—	—	—	−3,7	−15	−3,1

Примечание. Напряжения на электродах транзисторов УПТ измерены в режиме входного сигнала, обеспечивающего 50% открытия тиристоров.

Таблица 2

№ п/п	Напряжение (*в*) на		
	базе	коллекторе	эмиттере
T_1	1,9	4,1	0
T_2	4,1	0,38	6,7
T_3	0,12	1,9	6,7
T_4	0,73	3,7	1
T_5	1,7	1,35	1,35
T_6	1,1	8,2	0

предел регулировки выходного напряжения выпрямителя переменным резистором R_{27}. Для налаживания выпрямителя рекомендуется собрать небольшую вспомогательную установку, схема которой приведена на рис. 4*а*. Установив с помощью резистора R_{27} напряжение 15 *в* на выходе выпрямителя и с помощью резистора R_2 вспомогательной установки ток 0,3 *а* в цепи ее нагрузки (R_1, R_2), следует убедиться, что заданный режим поддерживается сколь угодно долго без какой-либо подстройки. Предварительио следует произвести прогрев полупроводниковых

элементов схемы выпрямителя в течение 10—15 мин., а также проверить, не перегревается ли мощный транзистор T_8 (П214), который должен находиться в стандартном десятиреберном радиаторе размером 60×50×25 *мм*. Заданные рабочие параметры выпрямителя не должны изменяться более, чем на ±0,1% при колебании питающего напряжения в пределах от +10 до —30% (проверить с помощью ЛАТР-1 или ЛАТР-2).

Убедившись в нормальной работе выпрямителя на диодах $Д_7$ — $Д_{10}$, переходят к налаживанию импульсного устройства (транзисторы T_1 — T_6). Для этого временно

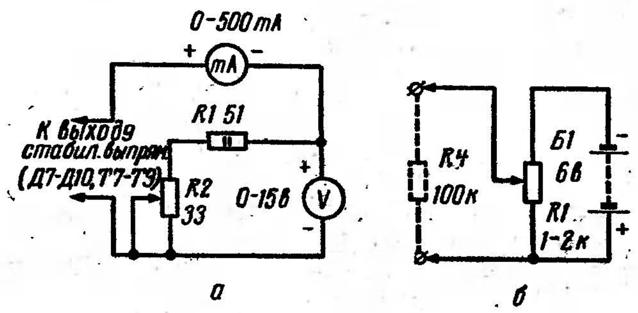


Рис. 4. Принципиальные схемы вспомогательного устройства (*а*) и калибровочной приставки (*б*)

отсоединяют проводник, соединяющий диод $Д_5$ с переключателем $П_1$, и подключают к выводам резистора R_4, как это показано на рис. 4*б*, источник постоянного тока, напряжение которого можно регулировать в пределах от 0 до 6 *в*. Настраивать импульсное устройство проще всего с помощью осциллографа (например, типа С1—5). Сначала его вход «Y» подключают к базе транзистора T_1. При нормальной работе форма напряжения в этой точке должна соответствовать форме напряжения, указанного на рис. 5*а*. Далее, для того чтобы убедиться в исправности генератора пилообразного напряжения (ГПИ), подключают вход «Y» осциллографа к коллектору транзистора T_1. Когда ГПИ работает нормально, транзистор T_1 закрывается положительными импульсами и открывается током, протекающим через резистор R_2. Длительность пилообразных импульсов в цепи коллектора T_1 и базы T_2 находится в зависимости от величины управляющего напряжения, подводимого к выводам резистора R_4. При изменении управляющего напряжения в

пределах от 3 до 6 *в* длительность пилообразных импульсов должна изменяться от 1 до 0 (т. е. от $T/2$ до 0, где T — период частоты сети). На рис. 5 *б* показана форма пилообразного напряжения, наблюдаемого на экране осциллографа при $U_{упр} = 3$ *в*; на рис. 5 *в* — при $U_{упр} = 4{,}5$ *в* и на рис. 5 *г* — при $U_{упр} = 5{,}5$ *в*. При необходимости форму пилообразного напряжения корректируют, подбирая сопротивления резисторов R_2 и R_3 (в основном резистора R_2).

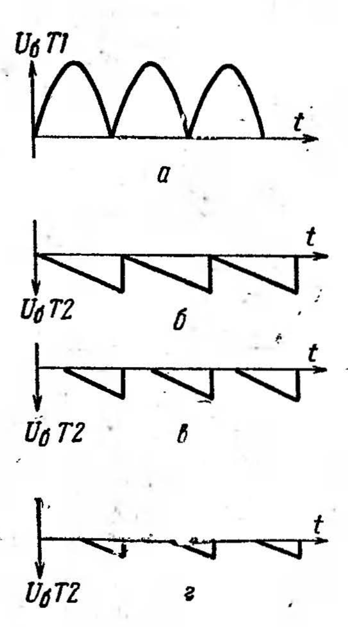


Рис. 5. Осциллограммы напряжений в характерных точках схемы устройства: на базе транзистора T_1 (*а*); пилообразного напряжения при различных значениях управляющего сигнала (*б, в, г*)

После окончания регулировки ГПИ вход «*Y*» осциллографа присоединяют к коллектору транзистора T_2, где образуются прямоугольные импульсы, длительность которых должна изменяться соответственно с длительностью пилообразных импульсов, поступающих на базу транзистора T_2. Прн изменении величины управляющего напряжения на резисторе R_4 изображение на экране электроннолучевой трубки осциллографа будет изменяться в соответствии с рис. 6 *а, б* и *в*. Напряжение на коллекторе транзистора T_2 также будет скачкообразно меняться.

С коллектора транзистора T_2 через цепь $R_{13}C_2$ импульсное напряжение поступает на второй триггер, собранный на транзисторах T_4, T_5. Параметры этого триггера подобраны таким образом, что на его выходе появляются прямоугольные импульсы с частотой 2,5—3,0 *кгц* только тогда, когда напряжение на коллекторе транзистора T_3 достигнет максимальной величины. Когда же напряжение на коллекторе T_3 понизится, прямоугольные импульсы иа выходе триггера (T_4, T_5) будут отсутствовать. Таким образом, длительность серии импульсов на

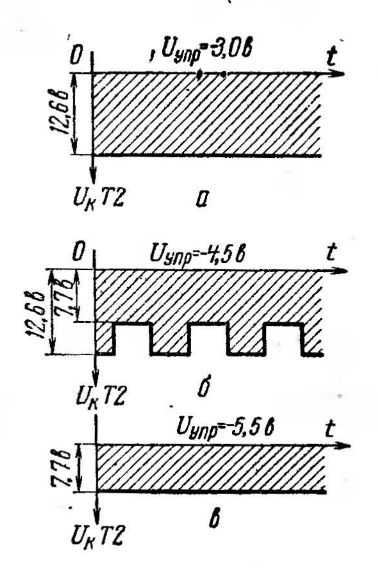


Рис. 6. Осциллограммы напряжений на резисторе R_4 при различных величинах управляющего сигнала (*а, б, в*)

коллекторе транзистора T_4 будет соответствовать длительности прямоугольного импульса на коллекторе транзистора T_3. На рис. 7 *а*, *б* и *в* показаны формы напряжений на коллекторе транзистора T_4 при различных управляющих напряжениях. Такие же формы напряжений будут на коллекторе транзистора T_5, только в отрицательной полярности. Параметры триггера T_4, T_5 регулируют, подбирая резисторы R_{17} и R_{18}.

С выхода триггера (T_4, T_5) импульсы управления через конденсатор C_3 поступают на базу транзистора T_6, работающего в режиме переключения. Коллекторной нагрузкой этого транзистора служит первичная обмотка трансформатора $Тр_2$. С обмоток *II* и *III* $Тр_2$ серии импульсов поступают на управляющие электроды тиристоров $Д_{14}$ и $Д_{15}$. Фазирование выходных обмоток $Тр_2$ осуществляется с помощью осциллографа. Для этого его вход «*Y*» подключают поочередно к выводам вторичных обмоток *II* и *III*, отключив их предварительно от управляющих электродов тиристоров. Кремниевые стабилитроны $Д_{12}$ и $Д_{13}$ при этом должны быть также отключены. Определив полярность напряжения на выводах обмоток, их присоединяют с таким расчетом, чтобы на управляющие электроды тиристоров поступали импульсы положительной полярности. Не отключая осциллографа, припаивают к выводам обмоток *II* и *III* кремниевые стабилитроны $Д_2$ и $Д_{13}$. Амплитуда импульсного напряжения на выводах обмоток при этом не должна снижаться. При неверном подключении диодов величина импульсного напряжения на обмотках *II* и *III* резко упадет.

В заключение еще раз производят общую проверку

работы всего импульсного устройства. Установив на выходе стабилизированного выпрямителя напряжение в пределах от 14 до 16 *в*, присоединяют параллельно резистору R_4 батарею с переменным резистором так, как показано на рис. 4 *б*, и регулируют величину напряжения на резисторе R_4 в пределах от 3,0 до 5,0 *в*. На коллекторе транзистора T_2 при этом должно происходить скачкообразное изменение напряжения с —12,6 *в* до —7,6 *в*.

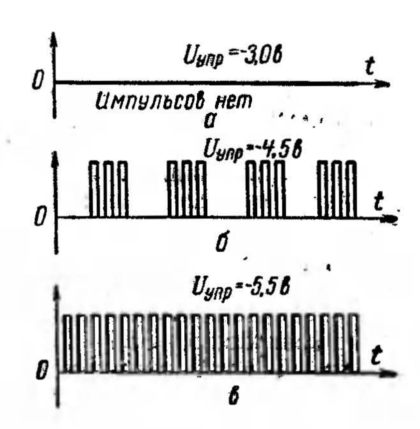


Рис. 7. Осциллограммы напряжений на коллекторе транзистора T_4 при различных значениях управляющего сигнала (*а, б, в*)

При наладке импульсного устройства в качестве нагрузки $Тр_2$ можно использовать обычные постоянные резисторы типа МЛТ-2,0 сопротивлением 150 *ом*, которые подключают параллельно обмоткам *II* и *III* трансформатора $Тр_2$. Амплитуда импульсного напряжения на этих резисторах должна быть равной 7,5—8,0 *в*. Измерение производят с помощью электронного осциллографа (например, С1—5).

Убедившись в исправности импульсного устройства, переключают шунтирующие резисторы с обмоток *II* и *III* трансформатора $Тр_2$ в цепь управляющих электродов тиристоров $Д_{14}$ и $Д_{15}$. Затем подключают тиристоры, последовательно которым присоединена какая-либо подходящая нагрузка (например, осветительная лампа мощностью 200—300 *вт*) к сети переменного тока и проверяют работу исполнительного органа установки. Вход осциллографа при этом должен быть присоединен к сопротивлению нагрузки. Изменяя управляющее напряжение на входе импульсного устройства в пределах от 3,0 до 5,0 *в*, наблюдают за характером изменения напряжения на нагрузке. Если будет отмечена несимметричность открывания тиристоров $Д_{14}$ и $Д_{15}$, дополнительно регулируют напряжения в цепи их управляющих электродов с помощью переменных резисторов R_{39} и R_{40}.

Добившись четкой работы импульсного устройства, переходят к проверке и налаживанию УПТ (транзисторы T_{10} — T_{14}). Входные каскады УПТ (T_{14} и T_{13}) в налаживании не нуждаются, следует только проверить их режимы по постоянному току, руководствуясь данными, приведенными в табл. 1. Установив переключатель B_2 в положение «ручн.» и регулируя сопротивление переменного резистора R_{43}, подают на базу транзистора T_{14} постоянное напряжение — 3,0—3,1 *в* относительно «земли» и проверяют напряжения на всех электродах транзисторов T_{10} — T_{14} с помощью какого-либо электронного вольтметра (например, ВК7—9). Ориентировочные данные этих напряжений приведены в табл. 2. Разброс этих напряжений может достигать величины ±20%. В случае значительных отклонений подбирают резисторы R_{31}, R_{35} и R_{37} (ползунок переменного резистора R_{36} должен быть установлен в среднее положение).

Затем временно отсоединяют конденсатор C_7 и подключают к выходу усилителя (эмиттеру транзистора T_{10}) вход «*Y*» осциллографа (переменный резистор R_{29} от эмиттера транзистора T_{10} временно отключают). От какого-либо подходящего генератора звуковой частоты (например, ГЗ-33) через экранированный кабель и конденсатор емкостью 0,01—0,1 *мкф* подают на вход УПТ напряжение 20—50 *мв* и частотой 400—1000 *гц*. Напряжение звукового генератора и чувствительность входа осциллографа регулируют таким образом, чтобы изображение синусоиды на экране не искажалось, а размеры его были удобны для наблюдения. Регулируя сопротивление переменного резистора R_{43}, добиваются, чтобы не происходило ограничения синусоиды как в положительный, так и в отрицательный полупериод. В случае необходимости производят дополнительную корректировку с помощью переменного резистора R_{36}. Постепенно увеличивая напряжение на входе УПТ и корректируя сопротивление резистора R_{36}, добиваются симметричного ограничения сверху и снизу изображения синусоиды на экране осциллографа. Желательно, чтобы ручка управления переменного резистора R_{43} при этом находилась в среднем положении. Если это не получается — подбирают сопротивления постоянных резисторов R_{42} и R_{44} с таким расчетом, чтобы наивыгоднейший режим УПТ устанавливался в среднем или в близком к нему положении движка переменного резистора R_{43}.

При налаживании УПТ следует учесть возможность небольшой дополнительной корректировки режима усилителя путем некоторого изменения (в ту или иную сторону) питающего напряжения с помощью переменного резистора R_{27}, так как незначительные изменения этого напряжения не оказывают существенного влияния на работу импульсного устройства.

После установки режимов транзисторов T_{10}—T_{14} и симметрирования входа УПТ устанавливают с помощью переменного резистора R_{43} величину напряжения смещения на базе транзистора T_{14} в пределах 3,7—3,8 *в*. При этом на выходе усилителя должно быть напряжение порядка 5,4 *в*, а колебания напряжения на входе УПТ на ±25—30 *мв* должны вызывать изменения выходного напряжения от 3 до 5,5—6,0 *в*. Общий коэффициент усиления правильно налаженного УПТ $K_{макс}$=140—150.

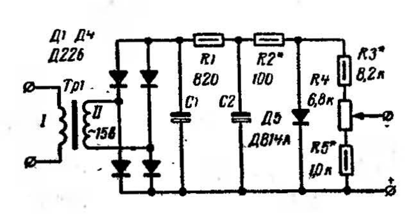


Рис. 8. Принципиальная схема источника опорного напряжения

При наличии достаточно мощного сигнала управления или отсутствии необходимости в автоматическом поддержании заданного режима в нагрузке $R_н$ можно исключить УПТ из устройства управления. Устройство управления при этом значительно упрощается, так как при ручном регулировании ползунок переменного резистора может быть непосредственно соединен со ступенчатым ограничителем выхода (переключатель B_1) и отпадает надобность в усилителе на транзисторах T_{10} — T_{14}.

Если же по условиям работы тиристорного преобразователя необходимо обеспечить более точное автоматическое поддержание рабочего режима в нагрузке $R_н$, то вместо делителя напряжения R_{42} — R_{44} используют во входной цепи УПТ отдельный источник опорного напряжения, который позволяет к тому же при необходимости получать также обратную характеристику цепи управления (т. е. нарастание тока в нагрузке $R_н$ при снижении управляющего сигнала). Схема источника опорного напряжения приведена на рис. 8. Он представляет собой стабилизированный выпрямитель, выполненный по мостовой схеме на диодах $Д_1$ — $Д_4$ и кремниевом стабилитроне $Д_5$ (Д814А). К выходу выпрямителя подключен

делитель напряжения на резисторах $R_3 - R_5$. При повороте движка переменного резистора R_4 из одного крайнего положения в другое напряжение между ним и «землей» должно плавно меняться в пределах от 0,5 до 5,0 *в* без каких-либо провалов и скачков. Для питания моста $Д_1 - Д_4$ на трансформаторе $Тр_1$ (см. рис. 3) следует намотать добавочную обмотку *V* из 80 витков провода ПЭЛ-2 0,2.

Выход стабилизированного выпрямителя подключают последовательно с сигналом ко входу УПТ и используют переменный резистор R_4 для ручной регулировки напряжения на нагрузке $R_н$.

Для защиты тиристорного преобразователя от перегрузок и коротких замыканий можно применить устройство, показанное на рис. 9, которое представляет собой триггер с эмиттерной связью, выполненный на транзисторах T_2, T_3. Его включают между триггерами, выполненными на транзисторах T_2, T_3 и T_4, T_5 импульсного устройства (см. рис. 3).

Режим дополнительного триггера устанавливают с таким расчетом, чтобы при подаче питания на устройство управления он опрокидывался и переходил в первое устойчивое состояние, когда транзистор T_2 закрыт, а T_3 открыт (см. рис. 9). Для управления дополнительным триггером служат трансформатор тока $Тр_1$ и выпрямительный мост на диодах $Д_1 - Д_4$. Если рабочий ток в цепи нагрузки $R_н$ не превышает 10 *а*, то можно воспользоваться обычным типовым трансформатором тока 0—49У, заводской № 1РФ. 760. 164. Первичную обмотку трансформатора $Тр_1$ подключают последовательно к сопротивлению нагрузки $R_н$ и блоку тиристоров $Д_6 - Д_7$, к сети переменного тока напряжением 220 *в*.

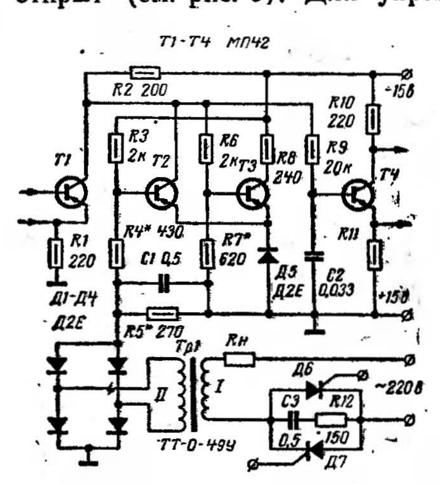


Рис. 9. Принципиальная схема защитного устройства. Здесь $R_н$—100; $Д_6$, $Д_7$ типа КУ202Н.

Обмотка *II* трансформатора Tp_1 нагружена выпрямительным мостом $Д_1 - Д_4$, с диагонали которого снимается управляющее напряжение, поступающее на вход триггера (T_2, T_3).

Сопротивление нагрузочного резистора R_5, подключенного параллельно входу триггера $T_2 - T_3$, подбирают таким образом, чтобы снимаемое с него сигнальное напряжение было недостаточно для переброски триггера в другое устойчивое состояние при нормальном рабочем режиме в цепи нагрузки $R_н$, когда ток в цепи исполнительного органа преобразователя не превышает расчетной величины.

При коротком замыкании в цепи переменного тока или резком увеличении тока, потребляемого нагрузкой $R_н$, напряжение на вторичной обмотке Tp_1 и на входе триггера (T_2, T_3) возрастает. Триггер опрокидывается и переходит во второе устойчивое состояние, когда транзистор T_1 открыт, а T_2 закрыт. Открывшийся транзистор T_2 шунтирует генератор импульсов управления и установка отключается от сети. Триггер ($T_2 - T_3$) может находиться в таком состоянии сколь угодно долго. Чтобы вернуть схему в исходное положение, необходимо выключить напряжение питания устройства управления, чтобы при последующем его включении триггер $T_2 - T_3$ перешел в исходное состояние.

Если предполагается работа с большими максимальными токами в цепи нагрузки $R_н$, заменяют трансформатор тока другим, более мощным. Например, при токах до 15 *а* можно использовать трансформатор типа 0—49У, заводской № 1РФ. 760. 165, при токах до 20 *а* — такой же трансформатор с заводским № IРФ. 760. 166. и т. д.

АНТЕННЫЕ УСТРОЙСТВА

УПРОЩЕННЫЙ ВАРИАНТ АНТЕННОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ КОРОТКОВОЛНОВЫХ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ПЕРЕДАТЧИКОВ

К. Перебейнос

Антенный фильтр нижних частот для подавления гармоник и комбинационных частот в антенно-фидерном устройстве, описание которого помещено в выпуске № 33 «В помощь радиолюбителю», содержит ряд деталей, которые не всегда можно приобрести. К этим деталям относятся подстроечные конденсаторы с воздушным диэлектриком. Для описанной конструкции фильтра их требуется восемь штук. В связи с этим был разработан второй вариант антенного фильтра, не содержащий подстроечных конденсаторов с воздушным диэлектриком. В этом варианте (рис. 1) применены керамические конденсаторы типа КТ, подобранные так, что при установке в фильтр таких номиналов, какие указаны на принципиальной схеме, требуемая характеристика фильтра получается автоматически, что значительно упрощает его изготовление.

Необходимо отметить, что предельная реактивная мощность, которую могут выдержать конденсаторы КТ, позволяет применять описываемый фильтр для передатчиков с мощностью, не превышающей 200—250 *вт*. Если данный фильтр предполагается использовать с более мощным передатчиком, то необходимо установить в нем вместо КТ другие керамические конденсаторы, рассчитанные на пропускание большей реактивной мощности. В этом случае понадобится незначительная коррекция катушек индуктивности фильтра, так как у таких конденсаторов собственная индуктивность больше, чем у КТ, и для сохранения требуемой характеристики фильтра излишнюю индуктивность необходимо скомпенсировать. Фильтр заключен в корпус из латуни толщиной 1 *мм*, детали которого спаяны между собой. Корпус разделен восьмью перегородками на девять отсеков. В крайних от-

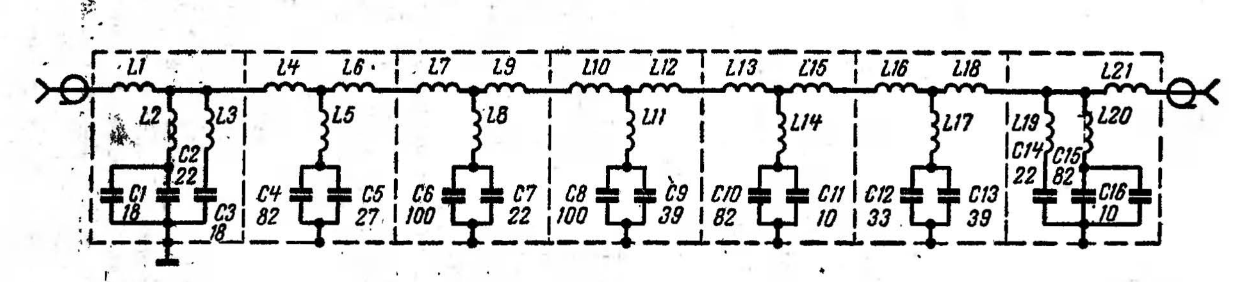


Рис. 1. Принципиальная схема антенного фильтра

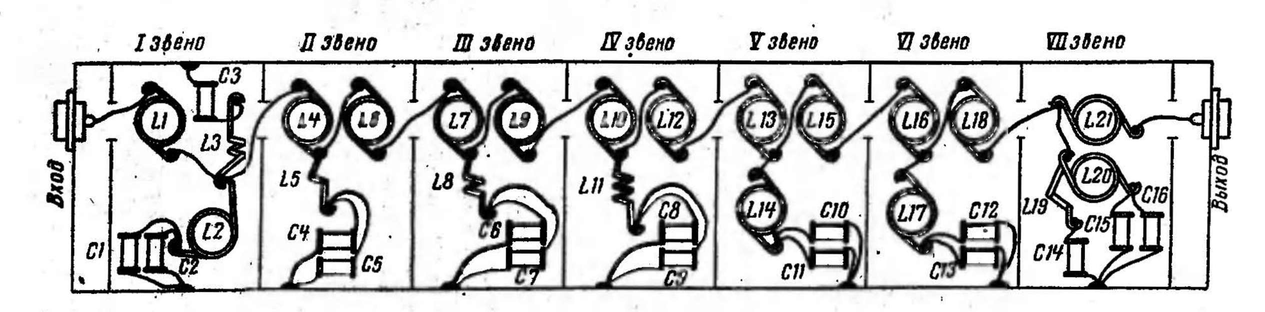


Рис. 2. Монтажная схема антенного фильтра

секах меньшего размера находятся нижние части входного и выходного коаксиальных разъемов, а в семи отсеках большего размера — детали фильтра (см. монтажную схему на рис. 2). В каждой перегородке просверлено отверстие диаметром 6 *мм.* Через них проходят проводники, соедняющие звенья фильтра между собой. На перегородках имеются выступы, которые вставляются в соответствующие прорези крышки корпуса.

Чертеж боковых стенок корпуса дан на рис. 3 *а,* торцевых стенок — на рис. 3 *б*; перегородки — на рис. 3 *в* и крышки — на рис. 3 *г.*

После изготовления деталей фильтра их очищают от грязи и жира механическим способом или промыванием в ацетоне. Далее на боковых стенках и дне корпуса отмечают и залуживают те места, где должны быть установлены перегородки. Края последних также залуживают, за исключением стороны с выступами. Затем спаивают стенки корпуса и впаивают в него перегородки. При пайке следует употреблять только бескислотный флюс (канифоль и др.).

Для правильной фиксации перегородок в корпусе фильтра при их пайке можно применить деревянный шаблон, имеющий размеры отсека фильтра.

Размеры отверстий в торцевых стенках для высокочастотных разъемов (рис. 3 *б*) соответствуют разъемам типа ГПГ-РК-19 для кабеля РК-19. В случае применения разъемов другого типа размеры отверстий соответственно должны быть изменены. При этом желательно, чтобы используемые разъемы имели то же волновое сопротивление, что н соединительный высокочастотный кабель. Для данного фильтра волновое сопротивление разъемов и кабеля может колебаться в пределах 35—75 *ом.*

Детали фильтра монтируют на опорных точках, в качестве которых используются лепестки из мягкой латуни толщиной 0,3 *мм,* установленные на стойках из полистирола, органического стекла или фторопласта. Чертежи стоек даны на рис. 4 *а,* а лепестков — на рис. 4 *б.* Всего необходимо изготовить 32 комплекта опорных точек. Их устанавливают по месту расположения катушек фильтра, после того как они будут изготовлены. Стойки прикрепляют к дну корпуса винтами М3×6. Диаметры отверстий в стойках выбраны с тем расчетом, чтобы при ввертывании винтов они сами нарезали резьбу.

В фильтре применены конденсаторы КТ-2а из группы

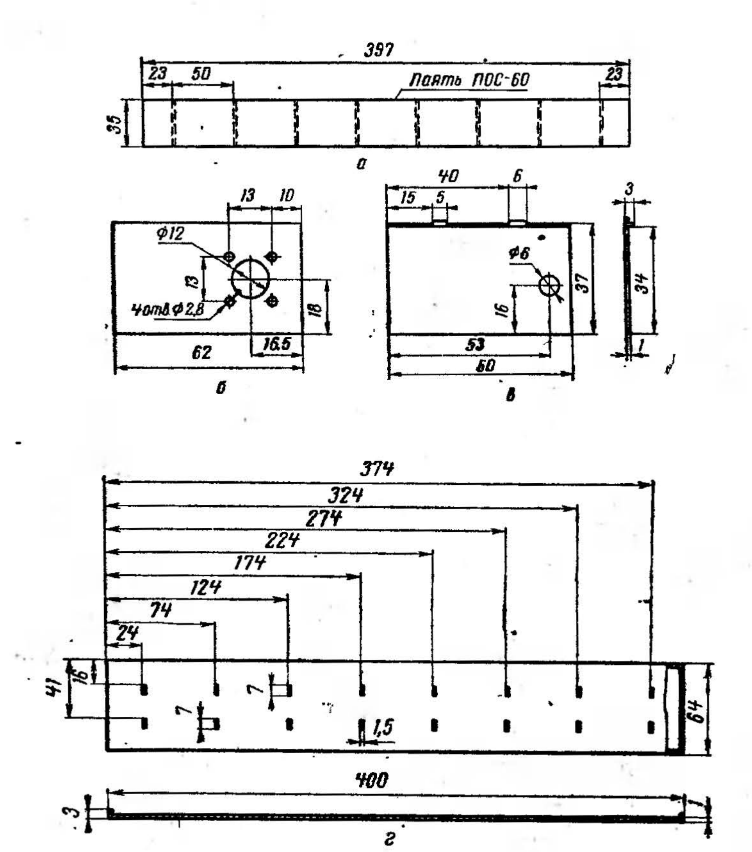


Рис. 3. Чертежи боковых стенок (*а*), торцевых стенок (*б*), перегородки (*в*) корпуса фильтра и крышки (*г*)

по ТКЕ М700 (красного цвета) с отклонением емкости от номинальной ±10%. Конденсаторы других групп по ТКЕ устанавливать не следует, так как тогда на характеристику фильтра будет заметно влиять окружающая температура.

Монтажная схема фильтра приведена на рис. 2. Порядок монтажа следующий: сначала устанавливают коаксиальные разъемы, а затем размечают места, где должны находиться опорные точки и заземляющие лепестки. При разметке мест опорных точек необходимо рассчитывать их так, чтобы катушки фильтра находились на наи-

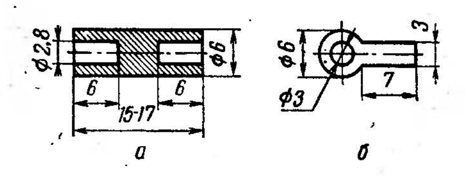


Рис. 4. Чертежи монтажных стоек (*а*) и лепестков (*б*)

большем возможном расстоянии от стенок, дна и крышки корпуса, а также других катушек. После разметки просверливают в различных точках отверстия и закрепляют на них стойки опорных точек, к которым заранее привернуты лепестки. После того как будут укреплены все стойки, монтируют детали фильтра, руководствуясь рис. 2. Необходимо следить, чтобы соединительные провода, идущие из отсека в отсек, проходили точно через центры отверстий в перегородках. Для монтажа используют выводы деталей, а там, где это окажется необходимым, голый медный (желательно посеребренный) провод диаметром 1 *мм*.

Характеристика фильтра представлена на рис. 5. Такая характеристика будет получена при монтаже деталей и изготовлении катушек в точном соответствии с рис. 2 и 6. Она несколько хуже, чем у фильтра, описанного в 33-м сборнике «В помощь радиолюбителю». Ухудшение связано с тем, что фильтр не настраивается. Однако и при такой характеристике фильтр работает вполне удовлетворительно на всех диапазонах, исключая 28 *Мгц*, где потери несколько возрастают.

Прн установке фильтра на открытом воздухе (на крыше, мачте антенны и т. п.) его необходимо герметизировать, тщательно запаяв все щели в корпусе и покрыв его каким-либо материалом, на который не действуют природные условия (окружающая температура, ветер, атмосферные осадки и пыль).

Катушки фильтра наматывают из медного провода диаметром 1,5 *мм* точно по данным таблицы и чертежу (рис. 6). Можно также использовать посеребренный провод или медный эмалированный любой марки. Катушки наматывают на оправке диаметром 11 *мм*, натягивая провод. После снятия с оправки внешний диаметр катушек увеличивают до необходимых размеров и растягивают их так, чтобы получился нужный шаг витков. Необходимо иметь в виду, что припаивание катушек, даже с не-

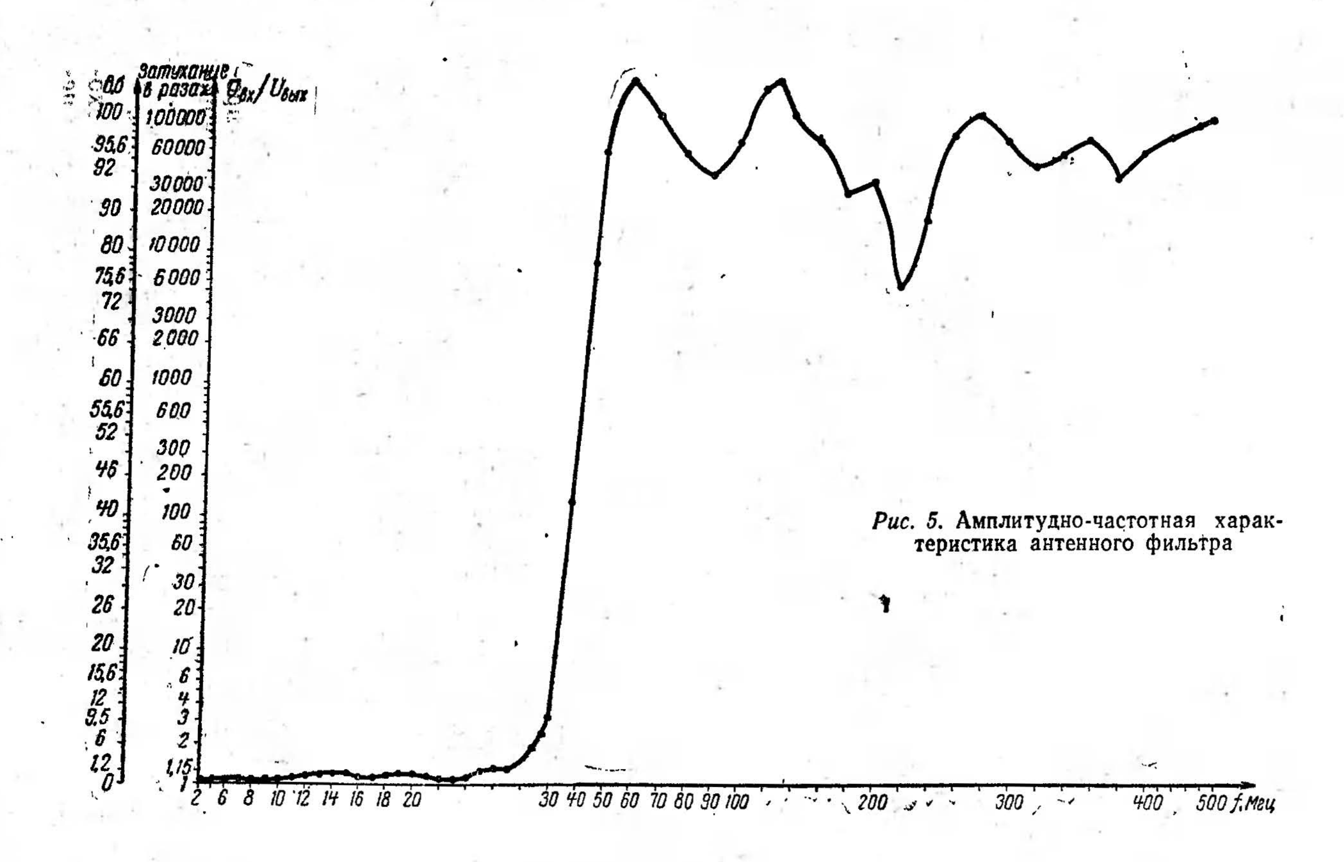


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика антенного фильтра

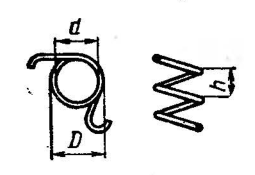


Рис. 6. Катушка индуктивности фильтра

большим механическим напряжением (сжатие, изгиб, растяжение), ухудшает значение температурного коэффициента индуктивности (ТКИ). При изменении окружающей температуры фильтр будет расстраиваться тем больше, чем под большим механическим напряжением припаяны катушки. Поэтому катушки примеряют к опорным точкам и после установки их припаивают, не применяя никаких усилий. Моточные данные катушек индуктивности и указаны в таблице.

Таблица

Обозначение катушек	Индуктивность, *мкгн*	Внешний диаметр, *мм*	Шаг витка, *мм*	Число витков
L_1	0,16	15,0	2	3
L_2	0,282	15,0	2	4,5
L_3	0,025	6,0	4	2
L_4	0,24	15,0	2	4
L_5	0,02	10,0	5	1
L_6	0,24	15,0	2	4
L_7	0,24	15,0	2	4
L_8	0,04	10,0	7	2
L_9	0,24	15,0	2	4
L_{10}	0,2	15,0	2	3,5
L_{11}	0,0867	9,0	3	4
L_{12}	0,2	15,0	2	3,5
L_{13}	0,125	15,0	2	2,5
L_{14}	0,2	15,0	2	3,5
L_{15}	0,125	15,0	2	2,5
L_{16}	0,125	15,0	2	2,5
L_{17}	0,24	15,0	2	4
L_{18}	0,125	15,0	2	2,5
L_{19}	0,015	6,0	5	1
L_{20}	0,282	15,0	2	4,5
L_{21}	0,16	15,0	2	3

Примечание. Выводы катушки L_{19} для уменьшения индуктивности сделаны двойной ширины из того же провода.

Некоторые рекомендации. Конденсаторы, которые предполагается установить в звеньях фильтра, должны быть керамическими, малогабаритными, трубчатого типа.

Припаивать конденсаторы следует их выводами, причем они должны иметь минимальную длину, однако не менее 10 *мм*. В тех местах, где необходимо припаять заземляемые корпуса фильтра и выводы конденсаторов, следует установить лепестки, закрепленные на корпусе заклепкой или винтом. Температурный коэффициент емкости конденсаторов (ТКЕ) обязательно должен быть отрицательным, равным $(700\pm100)\cdot10^{-6}$ или близким к этому параметру.

Правильно изготовленные катушки, доброкачественные конденсаторы и хороший монтаж звеньев фильтра полностью устраняют необходимость проверки характеристики фильтра.

Надежность работы фильтра высока. В нормальных комнатных условиях он может работать много лет, а если его загерметизировать, то он может быть установлен на крыше, на мачте и т. д. Герметизацию можно сделать, запаяв все щели в корпусе и покрыв его материалом, на который не воздействуют природные условия: изменение внешней температуры, атмосферные осадки, ветер, пыль.

Если фильтр будет установлен около антенны, то соединительный высокочастотный кабель между ним и выходом передатчика должен иметь двойную экранировку (двойную оплетку) для устранения проникновеиия сильных гармоник сигнала передатчика. Лучше всего устанавливать фильтр около передатчика, но при этом также необходимо между входом фильтра и выходом передатчика ставить высокочастотный кабель с двойным экраном.

КОНСТРУКЦИИ НАЧИНАЮЩЕГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

ПРИЕМНИК НАЧИНАЮЩЕГО

В. Васильев

Радиолюбители начинают свой творческий путь обычно с изготовления простейшего радиоприемника. В 20—30-х годах начинающие любители собирали детекторные приемники. Любители 40—50-х годов начинали с изготовления батарейного или сетевого приемника на одной-двух лампах. Начинающие радиолюбители 70-х годов собирают транзисторные приемники прямого усиления.

Описываемый ниже приемник предназначен для начинающих. Его схема и конструкция разработаны таким образом, чтобы максимально упростить процесс подбора деталей, изготовления, налаживания и эксплуатацию приемника. В то же время этот приемник, несмотря на свою относительную простоту, обладает удовлетворительной чувствительностью и достаточной выходной мощностью, что позволяет с его помощью осуществлять громкоговорящий прием местных и некоторых дальних радиостанций, работающих в диапазонах длинных (ДВ) и средних (СВ) волн.

Принципиальная схема (рис. 1). Приемник выполнен

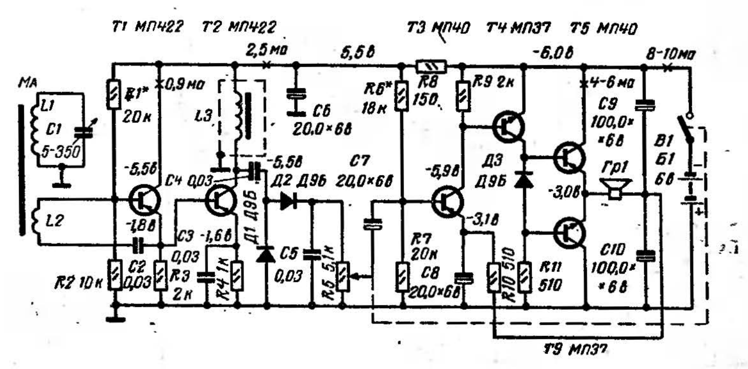


Рис. 1. Принципиальная схема приемника

по схеме прямого усиления. Он содержит магнитную антенну МА; двухкаскадный усилитель ВЧ на транзисторах T_1 и T_2; детектор на диодах $Д_1$ и $Д_3$; усилитель НЧ на транзисторах T_3—T_6 динамический громкоговоритель $Гр_1$ и батарею питания $Б_1$ с начальным напряжением 6,0 *в*.

Магнитная антенна предназначена для улавливания энергии радиоволн и превращения ее в электрические сигналы. Она состоит из катушки индуктивности L_1, которая вместе с конденсатором переменной емкости C_1 образует резонансный контур, настраиваемый на волну желаемой станции. Катушка связи L_2 содержит всего несколько витков и предназначена для передачи энергии принятого и выделенного антенной сигнала на вход усилителя ВЧ с целью его последующего усиления. Обе названные катушки размещены на стандартном ферритовом стержне.

Усилитель ВЧ предназначен для усиления напряжения принятого сигнала до величины, необходимой для нормальной работы детектора. Использование двух высокочастотных транзисторов позволяет получить усиление напряжения сигнала в 1500—2000 раз. Если использовать только один транзистор, то конструкция усилителя ВЧ стала бы проще, но зато усиление было бы в 15—20 раз меньше. С другой стороны, усилитель ВЧ на трех транзисторах мог бы обеспечить очень большое усиление, но его конструкция была бы намного сложнее.

Примененный в приемнике усилитель ВЧ отличается несколько необычным включением транзисторов T_1 и T_2, что позволило сократить в нем общее количество конденсаторов до двух (C_2 и C_3) и резисторов до четырех (R_1 — R_4). Резисторы R_1 и R_2 образуют делитель, создающий начальное напряжение смещения на базе транзистора T_1. Напряжение сигнала подается на этот транзистор с катушки L_2, один вывод которой соединен с базой транзистора непосредственно, а другой через разделительный конденсатор C_2 подключен к эмиттеру того же транзистора. Коллектор транзистора T_1 соединен непосредственно с отрицательным полюсом батареи питания через резистор R_8. В цепь эмиттера включен резистор R_3, выполняющий сразу две функции: во-первых, он стабилизирует величину тока коллектора транзистора T_1 в пределах 0,8—1,0 *ма*, а во-вторых, является нагрузкой для токов высокой частоты, усиленных транзистором T_1.

База транзистора T_2 соединена непосредственно с эмиттером транзистора T_1. Такое включение позволяет упростить связь между транзисторами T_1 и T_2 и обойтись без дополнительных резисторов и конденсаторов, что способствует увеличению усиления. В цепь эмиттера транзистора T_2 включен резистор R_4, стабилизирующий ток коллектора в пределах 1,5—1,8 *ма*. Токи высокой частоты в основном проходят через включенный параллельно резистору R_4 конденсатор C_3, сопротивление которого для этих токов значительно меньше, чем у R_4.

Ток коллектора транзистора T_2 увеличен по сравнению с таким же током транзистора T_1. Это сделано с целью повышения усиления каскада. Нагрузкой каскада является дроссель L_3, представляющий собой катушку индуктивности, намотанную на ферритовом кольцевом сердечнике, которая имеет малое сопротивление постоянному току и большое — токам высокой частоты.

Детектор предназначен для выделения из высокочастотного сигнала низкочастотных электрических колебаний, воспроизводящих звуки речи, пения и т. п. Он выполнен по распространенной схеме с закрытым входом и состоит из разделительного конденсатора C_4, двух диодов $Д_1$ и $Д_2$, фильтрующего конденсатора C_5 и нагрузки детектора, одновременно являющейся регулятором громкости,— потенциометра R_5. С помощью последнего можно изменять величину напряжения низкочастотных колебаний, поступающих с выхода детектора на вход усилителя НЧ.

Усилитель НЧ предназначен для усиления электрических колебаний низкой частоты до мощности, необходимой для нормальной работы громкоговорителя. Усилитель выполнен по бестрансформаторной схеме на четырех транзисторах. Можно было бы применить усилитель на трех или даже двух транзисторах, но тогда потребовалось бы ввести дополнительно два низкочастотных трансформатора, что усложнило бы конструкцию. С другой стороны, усилитель на пяти или шести транзисторах позволил бы получить лучшую чувствительность, большую выходную мощность, но конструкция и налаживание приемника стали бы намного сложнее.

Особенностью данной схемы усилителя НЧ является чередование транзисторов *p-n-p* (T_3, T_5) и *n-p-n* (T_4, T_6), что позволило осуществить непосредственную связь между ними, сделать двухтактный экономичный выход и до-

биться хорошей стабильности режимов работы всех транзисторов.

Несомненным достоинством бестрансформаторного усилителя НЧ является то, что он может обеспечить вполне приемлемую выходную мощность 150 *мва* при напряжении питания 6,0 *в*. Для сравнения укажем, что трансформаторный усилитель НЧ промышленного приемника «Сокол» развивает мощность 70 *мва* при напряжении питания 9 *в*.

Для получения максимальной выходной мощности необходимо обеспечить неизменность величины постоянного напряжения на эмиттерах транзисторов T_5 и T_6, которая должна быть равна половине напряжения источника питания, т. е. около 3,0 *в*. Высокая стабильность данного усилителя обеспечивается тем, что напряжение смещения на базе транзистора T_3 стабилизировано при помощи делителя на резисторах R_6 и R_7, а на эмиттер этого транзистора через катушку громкоговорителя $Гр_1$ и резистор R_{10} подано постоянное напряжение с эмиттеров транзисторов T_5 и T_6.

Для работы усилителя без искажений на малой громкости на базах транзисторов T_5 и T_6 необходимо создать относительно друг друга небольшое стабилизированное смещение. Для этого служит диод $Д_3$, по которому проходит ток коллектора транзистора T_4.

Звуковая катушка громкоговорителя $Гр_1$ включена между эмиттерами транзисторов T_5 и T_6 и средней точкой конденсаторов C_9 и C_{10}. Применение на выходе усилителя двух конденсаторов вместо одного существенно уменьшает возможность неустойчивой работы усилителя НЧ и приемника в целом при сильном разряде батареи питания.

Источником питания приемника является батарея с начальным напряжением 6,0 *в*, составленная из четырех включенных последовательно элементов напряжением по 1,5 *в* каждый. При этом нужно учитывать, что чем большую емкость имеют элементы батареи, тем дольше будет работать с ней приемник и будет меньше опасность возникновения искажений сигнала. Такие искажения могут быть при работе со старыми батареями, у которых внутреннее сопротивление становится большим. Для устранения их, кроме конденсаторов C_9 и C_{10}, в приемник введен фильтр R_8C_6, через который питаются тран-

зисторы T_1, T_2 и делитель напряжения в цепи базы транзистора T_3.

Следует указать, что, несмотря на относительно большое количество применяемых транзисторов, приемник все же несложен по устройству и обладает хорошей стабильностью режима работы транзисторов. Это позволяет существенно упростить подбор покупных деталей, а также налаживание приемника.

Покупные детали. Транзисторы T_1 и T_2 должны быть высокочастотными, малой мощности. Здесь пригодны практически все типы отечественных высокочастотных транзисторов, включая самые доступные и дешевые, а именно П422, П423, П401, П402, П403, П416, ГТ309А и другие. Усиление транзисторов по току может быть самым различным, от 12—15 до 300—300.

Транзисторы T_3 — T_6 — низкочастотные, также малой мощности, типа МП40—МП42 (T_3, T_5), а T_4 и T_6 и типа МП36—МП38 (T_4, T_6) с любыми последующими буквенными индексами. Для увеличения максимальной выходной мощности и уменьшения искажений звука желательно применять в оконечном каскаде транзисторы с одинаковым большим усилением по току. Для этого каскада лучше всего подходят транзисторы МП41, МП41А, МП42Б в качестве T_5 и МП38, МП38А в качестве T_6.

Диоды $Д_1$ — $Д_3$ должны быть точечными, германиевыми, высокочастотными. Лучше всего использовать диоды Д9Б—Д9Е. Можно также применить Д2Б—Д2Д.

Потенциометр R_5 регулятора громкости желательно иметь совмещенный с выключателем питания, например, типа СП3—3в, применяемый в промышленных карманных приемниках «Сокол», «Нейва» и др. Сопротивление потенциометра может быть от 4,7 до 10 *ком*. Можно также применить более доступный и дешевый потенциометр типа ТК-Д.

Постоянные резисторы желательно применить малогабаритные с рассеиваемой мощностью 0,125—0,5 *вт*. Вполне подходят резисторы УЛМ и МЛТ-0,5 или ВС-0,25. Предпочтение следует отдать резисторам типа МЛТ-0,5, так как они более удобны при монтаже, чем ВС-0,25, и не такие хрупкие, как УЛМ. Сопротивления резисторов могут отличаться от указанных на принципиальной схеме в пределах ±10%, а резисторов R_1, R_2, R_6 и R_7 даже на 20—30% (в большую сторону), но эти резисторы должны иметь одинаковый разброс в каждой паре резисторов.

Конденсатор переменной емкости C_1 должен иметь минимальную емкость от 5 до 10 *пф* и максимальную 350—400 *пф*. Такие данные имеют односекционные конденсаторы переменной емкости фирмы «Тесла» или отечественного производства, предназначенные для детских карманных приемников. Если размеры приемника не важны, можно использовать одну секцию стандартного двухсекционного блока конденсаторов переменной емкости с минимальной емкостью каждой секции 11 *пф* и максимальной — 495 *пф*.

Конденсаторы постоянной емкости C_2, C_4 и C_5 могут иметь емкость в пределах 0,01—0,05 *мкф*, а C_3 0,03—0,1 *мкф*. Здесь можно применить конденсаторы типа БМ-2, МБМ или КЛС.

Электролитические конденсаторы C_6 — C_{10} должны быть малогабаритными, например фирмы «Тесла» или отечественные типа К50-3, К50-6 на рабочее напряжение от 6 *в*. Емкость конденсатора C_7 может быть от 3,0 до 20,0 *мкф*, а конденсаторов C_6 и C_8 — от 10,0 до 30,0 *мкф*.

Конденсаторы C_9 и C_{10} являются весьма ответственными элементами, так как от их емкости зависят выходная мощность и качество звучания приемника. Поэтому было бы хорошо увеличить их емкость до 200,0 *мкф* и даже более.

Громкоговоритель $Гр_1$ должен быть динамическим, мощностью от 200 *мва*, с сопротивлением звуковой катушки постоянному току в пределах 8—30 *ом*. Именно при таком сопротивлении нагрузки усилитель НЧ данного приемника обеспечивает выходную мощность 150 *мва* при небольших искажениях и обладает высокой экономичностью. Если применить громкоговоритель с меньшим сопротивлением, например 6,5 *ом*, то выходная мощность практически не изменится, но увеличится расход тока и искажения сигнала. И, наоборот, при большом сопротивлении нагрузки, например, 50—70 *ом*, как у ДЭМ-4м, потребляемый ток уменьшится, но при этом упадет выходная мощность.

Учитывая сказанное выше, можно рекомендовать применение громкоговорителей 0,5ГД-17 или 0,5ГД-20, которые имеют сопротивление звуковой катушки 8 *ом*. Можно также использовать громкоговоритель типа 1ГД-36 с сопротивлением катушки 8 *ом* или два громкоговорителя 1ГД-18, включив их звуковые катушки последовательно.

Источник питания должен иметь начальное напряжение 6,0 *в* и электрическую емкость не менее 0,5—1,0 *а-ч.* Здесь подойдут четыре элемента типа «343» или «373», «Салют», включенные последовательно. При использовании элементов «343» энергии источника питания достаточно для работы приемника в течение 100—150 часов, а с элементами «373» — 200—300 часов.

Самодельных деталей немного. Это — магнитная антенна МА, высокочастотный дроссель L_3 и монтажная плата.

Магнитная антенна состоит из ферритового стержня и двух катушек индуктивности L_1 и L_2, намотанных на одном бумажном каркасе, свободно перемещающемся по стержню. Конструкция антенны показана на рис. 2 *а*. Цилиндрический ферритовый стержень антенны марки 400 ММ или 600 ММ диаметром 7—8 *мм* и длиной 140 *мм*.

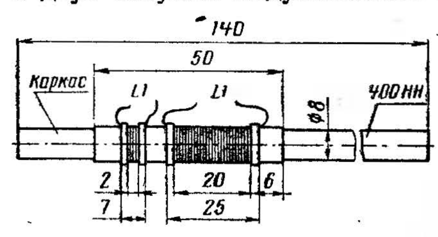


Рис. 2. Конструкция магнитной антенны

Каркас, на котором намотаны катушки, склеивают из трех слоев писчей бумаги канцелярским клеем. Крайние витки катушек закрепляют на каркасе суровыми нитками или же полосками бумаги или картона (см. рис. 2). Намотка обеих катушек производится медным проводом марок ПЭЛШО, ПЭЛ или ПЭВ диаметром 0,1—0,14 *мм.* Катушку L_2 желательно наматывать более толстым проводом.

Количество витков катушек магнитной антенны зависит от выбранного диапазона волн приемника, коэффициента перекрытия конденсатора переменной емкости и его максимальной емкости. Чтобы точно определить требуемое количество витков, нужно делать сложные расчеты, но для указанных выше малогабаритных конденсаторов переменной емкости и антенны описанной конструкции эти расчеты можно значительно упростить.

Коэффициент перекрытия малогабаритных конденсаторов переменной емкости фирмы «Тесла» в приемниках прямого усиления равен примерно семи. Это значит, что принимаемая максимальная длина волны в семь раз больше минимальной. Поэтому приемник без переключе-

ния катушек будет перекрывать диапазоны ДВ и СВ не полностью, а частично, то есть не 200—2000 *м*, а 200—1400 *м* или 300—2000 *м*, в зависимости от количества витков катушки L_1.

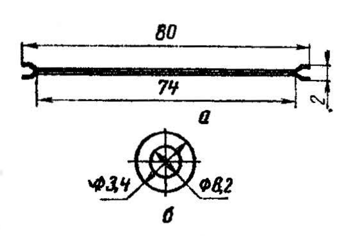


Рис. 3. Устройство челнока для намотки дросселя (*а*) и внешний вид ферритового сердечника (*б*)

Приближенно можно считать, что принимаемая максимальная длина волны в метрах численно в десять раз больше количества витков катушки индуктивности L_1. Например, если намотать 200 витков, то максимальная длина волны будет 2000 *м*; при 150 витках — 1500 *м* и т. д. Количество витков катушки связи L_2 должно быть примерно в 20—30 раз меньше, чем у L_1. Следует учесть, что с увеличением количества витков катушки L_2 чувствительность приемника улучшается, но зато ухудшается избирательность.

Высокочастотный дроссель L_3 наматывают на кольцевом ферритовом сердечике (ферритовом кольце) марки 600НН с размерами, указанными на рис. 3 *б*. Намотка производится с помощью челнока (рис. 3 *а*) проводом марки ПЭЛ или ПЭВ-1 диаметром 0,1 *мм*. Для улучшения работы приемника на длинных волнах желательно намотать на кольцо 200 витков, но можно и меньше, например, 150 витков.

С целью устранения нежелательных паразитных связей между дросселем и магнитной антенной сердечник с намоткой экранируют алюминиевой фольгой, например от упаковки кондитерских изделий. Первоначально дроссель оклеивают одним слоем писчей бумаги, затем двумя слоями фольги и снова слоем бумаги. Для «заземления» экрана делают вывод из гибкого провода, один конец которого располагают между слоями фольги, а другой соединяют с положительным полюсом источника питания.

Монтажная плата предназначена для размещения и электрического соединения между собой всех основных деталей приемника. Конденсатор переменной емкости, регулятор громкости, громкоговоритель и источник питания устанавливают непосредственно в корпусе приемника. Плата изготовляется из листового изоляционного материала, гетинакса или текстолита толщиной 1,5—2 *мм*

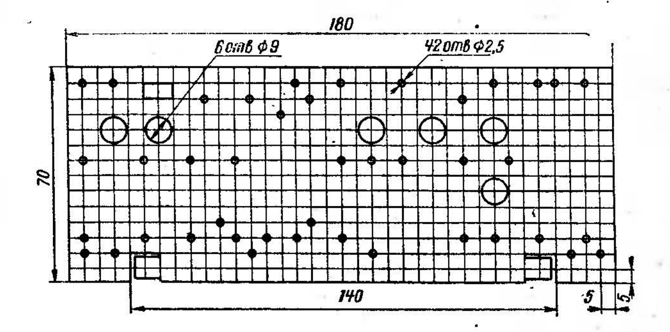


Рис. 4. Чертеж монтажной платы приемника

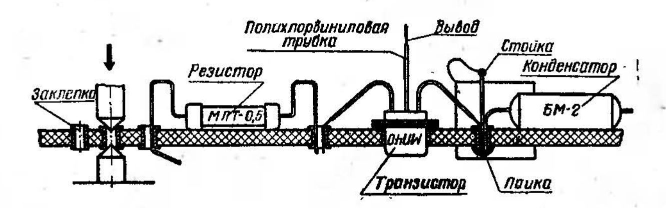


Рис. 5. Последовательность монтажа деталей приемника

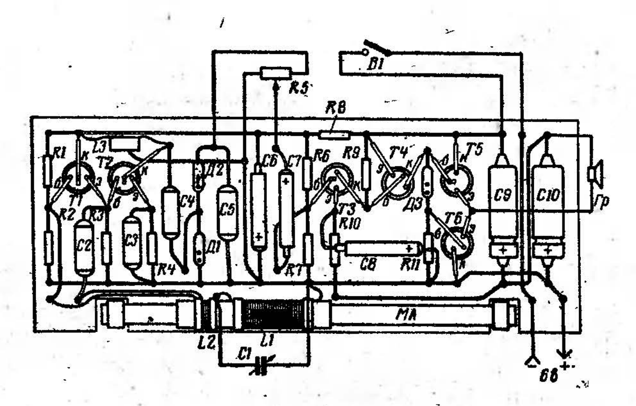


Рис. 6. Монтажная плата в сборе

по чертежу, приведенному на рис. 4. Обрабатывать плату можно лобзиком и дрелью.

Монтаж. Детали и проводники, размещаемые на монтажной плате, электрически соединяются между собой при помощи пайки оловянно-свинцовым припоем с использованием канифоли в качестве флюса.

Предварительно из медной или латунной фольги (можно жести) изготовляют пустотелые заклепки, которые вставляют в монтажную плату и расклепывают с обеих сторон керном. Затем в изготовленные таким образом монтажные гнезда вставляют выводы соответствующих деталей, которые предварительно должны быть изогнуты соответствующим образом (рис. 5). Желательно надеть на выводы транзисторов тонкие хлорвиниловые трубки, предупреждающие случайные замыкания. Детали и соединительные провода располагают с одной стороны платы по моитажной схеме, приведенной на рис. 6. Эта схема имеет большое графическое сходство с принципиальной, что облегчает процесс сборки приемника. Дроссель приклеивают к плате, а стержень антенны прикрепляют суровыми нитками. К пайке соединений приступают только после установки на место всех деталей и проводников и тщательной проверки монтажа. Пайку монтажных точек производят с той стороны платы, где нет деталей, что позволяет исключить повреждения их паяльником. Выводы катушек индуктивности припаивают к дополнительным монтажиым стойкам высотой 10—12 *мм*, изготовленным из медного луженого провода диаметром 0,3—0,5 *мм* и установленным в соответствующих монтажных гнездах.

Налаживание. Для того чтобы убедиться в работоспособности собранной платы, необходимо подключить к ней источник питания, громкоговоритель, регулятор громкости, конденсатор переменной емкости и выключатель так, как показано на рис. 6. При этом следует обратить внимание на правильность включения выводов транзисторов, а также полюсов диодов и электрических конденсаторов.

Если все детали приемника исправны и в монтаже нет ошибок, то при включении питания в громкоговорителе должны проявиться слабый шум и потрескивание атмосферных помех, а при вращении ротора конденсатора переменной емкости слышны передачи местных радиостанций. Если при этом плавно поворачивать движок ре-

гулятора громкости, то сила звука должна расти или уменьшаться.

Может случиться, что в громкоговорителе, кроме шума, помех и тихого «попискивания» дальних станций, ничего не слышно. Так может быть тогда, когда в выбранном диапазоне волн нет близких радиостанций. Это можно проверить, подключив к приемнику внешнюю антенну, в качестве которой можно использовать отрезок медного провода длиной 3—4 *м*. В исправном приемнике подключение внешней антенны должно вызывать увеличение громкости атмосферных помех и сигналов удаленных станций.

Если же при включенном питании приемник вообще молчит или издает лишь непонятные звуки — это значит, что в нем установлена какая-нибудь неисправная деталь или же допущена ошибка в монтаже. В таких случаях надо в первую очередь тщательно проверить монтаж по принципиальной схеме, обращая особое внимание на правильность подключения выводов диодов, транзисторов и электролитических конденсаторов, а также полюсов питающей батареи.

Поиски неисправных деталей следует вести с помощью авометра, путем измерения режимов работы транзисторов по постоянному току. Сначала измеряют напряжение батареи и потребляемый приемником ток. Здесь может оказаться, что батарея старая и не обеспечивает даже минимального напряжения (3,5—3,0 *в*), при котором приемник еще работает. Такую батарею следует заменить свежей.

Ток, потребляемый приемником от батареи, измеряют путем подключения щупов прибора к разомкнутым контактам выключателя питания B_1. Показания прибора должны быть в пределах 10—12 *ма*. Если ток очень мал или чрезмерно велик, то это свидетельствует о неисправности одного или нескольких усилительных каскадов. Найти неисправный каскад можно по результатам измерения постоянных напряжений на электродах транзисторов относительно «полюса» батареи.

В описываемом приемнике приняты необходимые меры для стабилизации режимов работы транзисторов практически независимо от их параметров. Но, как часто бывает в радиолюбительской практике, номиналы применяемых резисторов могут значительно отличаться от рекомендованных. В таких случаях режимы работы тран-

зисторов можно будет скорректировать путем подбора сопротивлений резисторов R_1 (для транзисторов T_1), R_4 (для транзистора T_2) и R_6 (для транзисторов T_3—T_6). Кроме того, коллекторные токи транзисторов T_5 и T_6 можно изменить путем присоединения параллельно диоду $Д_3$ дополнительного резистора сопротивлением 300—500 *ом*. Для измерения токов непосредственно в коллекторных цепях необходимо отпаивать и вновь припаивать их выводы. Это нежелательно, а поэтому может быть рекомендовано лишь в том случае, когда у радиолюбителя только миллиамперметр и нет высокоомного вольтметра или авометра.

КОРОТКОВОЛНОВЫЙ ПЕРЕДАТЧИК ПЕРВОЙ КАТЕГОРИИ

И. Казанский (UA3FT)

Любительский коротковолновый передатчик, описанию которого посвящена настоящая статья, представляет собой стационарную конструкцию и предназначен для работы на всех коротковолновых любительских диапазонах (3,5—3,65; 7—7,1; 14—14,35; 21—21,45; 28—28,5 и 28,5—29 *Мгц*) телеграфом (CW) и телефоном с использованием однополосной модуляции (SSB) мощностью до 200 *вт*. Работа в режиме амплитудной модуляции (AM) не предусмотрена, поскольку этот вид модуляции за последние годы вытесняется однополосной модуляцией, преимущества которой общеизвестны. Тем не менее, в передатчике можно легко получить и AM сигнал. О том, как это сделать, будет сказано позднее.

При конструировании передатчика было решено добиться максимальной простоты его управления, а также совпадения шкалы настройки на всех диапазонах. Кроме того, особое внимание было обращено на надежность работы в течение длительного времени (например, во время соревнований, когда передатчик остается включенным в течение одних-двух суток).

За основу принят метод фильтрового формирования SSB сигнала с помощью электромеханического фильтра (ЭМФ). Для переноса сформированного SSB, а также и CW сигналов на частоты любительских диапазонов применено последовательное преобразование с помощью кварцевых гетеродинов и генератора плавного диапазона.

Блок-схема передатчика приведена на рис. 1. Сигнал с микрофона *Мк* поступает на вход первого усилителя НЧ 1*УНЧ*, усиливается им, подается на второй каскад усиления 2*УНЧ* и с выхода последнего через катод-

ный повторитель *КП* попадает на балансный модулятор *БМ*. Кроме усиленного сигнала звуковой частоты, на балансный модулятор также подается сигнал с частотой

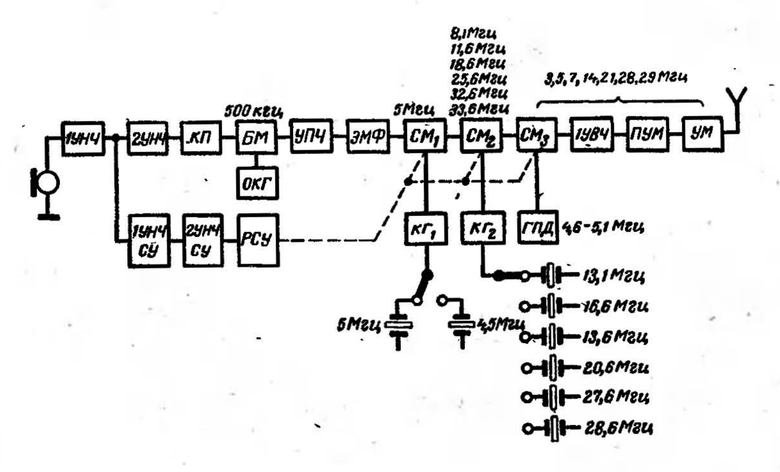


Рис. 1. Блок-схема передатчика

500 *кгц*, генерируемый опорным кварцевым гетеродином *ОКГ*. Таким образом, на выходе балансного модулятора появляется модулированный сигнал с частотой 500 *кгц*, содержащий две боковые полосы, причем несущая частота сигнала при точной балансировке модулятора оказывается в значительной мере подавленной.

Этот сигнал в дальнейшем усиливается усилителем промежуточной частоты *УПЧ* и подается на ЭМФ. Последний дополнительно подавляет остаток несущей и выделяет из двухполосного сигнала его верхнюю боковую полосу, то есть окончательно формирует SSB сигнал с частотой 500 *кгц*.

Если путь прохождения сигнала изменить, подав его с выхода *УПЧ*, минуя ЭМФ, на вход следующего каскада, а балансный модулятор разбалансировать, будет получен ие SSB, а AM сигнал.

SSB сигнал в дальнейшем подвергается ряду преобразований. Прежде всего в смесителе $СМ_1$ он смешивается с сигналом кварцевого гетеродина $КГ_1$, имеющим частоту 4,5 *Мгц*. В результате выделяется SSB сигнал с суммарной частотой 5 *Мгц*. Это преобразование является промежуточным и необходимо только для того, чтобы отфильтровать опорный сигнал с частотой 500 *кгц*. Дело в том, что, если сразу подвергнуть этот сигнал преобразованию на более высоких частотах, он из-за невысокой добротности контуров смесителей (а чем частота выше, тем добротность хуже) проникнет на выход передатчика и явится причиной помех и излучений на побочных частотах.

В ряде любительских конструкций первый смеситель смешивает опорный сигнал с сигналом генератора плавного диапазона. Однако для лучшего подавления на выходе этого смесителя приходится применять перестраиваемый многоконтурный фильтр. Кроме того, все последующие каскады передатчика также необходимо перестраивать. Все это обычно приводит к появлению дополнительных органов настройки. Поскольку одним из основных требований, предъявленных к конструкции, была максимальная простота настройки, такой вариант выполнения первого смесителя был отвергнут.

Для лучшего подавления сигнала с частотой 500 *кгц* смеситель $СМ_1$ выполнен по балансной схеме.

При работе телеграфом смеситель $СМ_1$ и все предыдущие каскады выключаются. Гетеродин $КГ_1$ генерирует сигнал с частотой 5 *Мгц*, который через межэлектродные емкости лампы смесителя $СМ_1$ и емкости монтажа проникает на выход смесителя.

SSB или CW сигнал с частотой 5 *Мгц* и сигнал кварцевого гетеродина $КГ_2$ поступают на второй смеситель $СМ_2$. На его выходе выделяются сигналы, частоты которых отличаются от любительских диапазонов иа частоту генератора плавного диапазона *ГПД*. Поскольку на 3,5 и 7 *Мгц* любители применяют нижние, а на остальных диапазонах верхние боковые полосы, в этом же смесителе производится смена верхней боковой полосы на нижнюю (вычитанием спектра SSB сигнала из частоты сигнала кварцевого гетеродина $КГ_2$) на двух низкочастотных диапазонах. На высокочастотных диапазонах частоты складываются.

В смесителе $СМ_3$ из частоты, полученной предыдущим преобразованием, вычитается частота сигнала генератора плавного диапазона, в результате чего образуются сигналы любительских диапазонов. Эти сигналы усиливаются усилителем ВЧ 1 *УВЧ*, предварительным усилителем мощности *ПУМ* и усилителем мощности *УМ*.

Некоторое усложнение конструкции применением при передаче SSB сигнала тройного преобразования частоты, по мнению автора, окупается удобством управления передатчиком: во-первых, на всех диапазонах используется одна шкала, во-вторых, только 4 каскада (кроме *ГПД*) перестраиваются по диапазону. Кроме того, применение неперестраиваемого первого смесителя позволило хорошо подавить опорный сигнал с частотой 500 *кгц*, а CW сигнал получить вообще без его участия. Все это практически устранило какие-либо побочные излучения, обычно доставляющие любителям массу хлопот, особенно при работе телеграфом.

В передатчике применена система автоматического переключения «прием — передача». Для этого при работе на SSB с выхода первого усилителя НЧ сигнал поступает на двухкаскадный усилитель системы управления (*1УНЧ СУ* и *2УНЧ СУ*). Этот усиленный сигнал приводит в действие лампу-реле системы управления *РСУ*, которая включает передатчик при произнесении первого звука перед микрофоном. Эта система работает и в телеграфном режиме. Таким образом, при переходе с приема на передачу от оператора не требуется каких-либо дополнительных действий — передатчик включается автоматически.

Принципиальная схема. Передатчик собран на 17 лампах, из них 3 — газоразрядные стабилитроны. Конструктивно он разделен на 4 блока: формирователь сигнала, усилитель мощности, генератор плавного диапазона и блок питания.

Первый усилитель НЧ (рис. 2) собран на лампе $Л_1$. На входе усилителя включен фильтр R_1, C_1, предотвращающий наводку сигнала ВЧ с выхода передатчика на управляющую сетку лампы. Поскольку ВЧ сигнал достаточно мощен, такая наводка (при отсутствии фильтра) наверняка нарушит работу каскада.

С резистора нагрузки R_3 НЧ сигнал подается на вто-

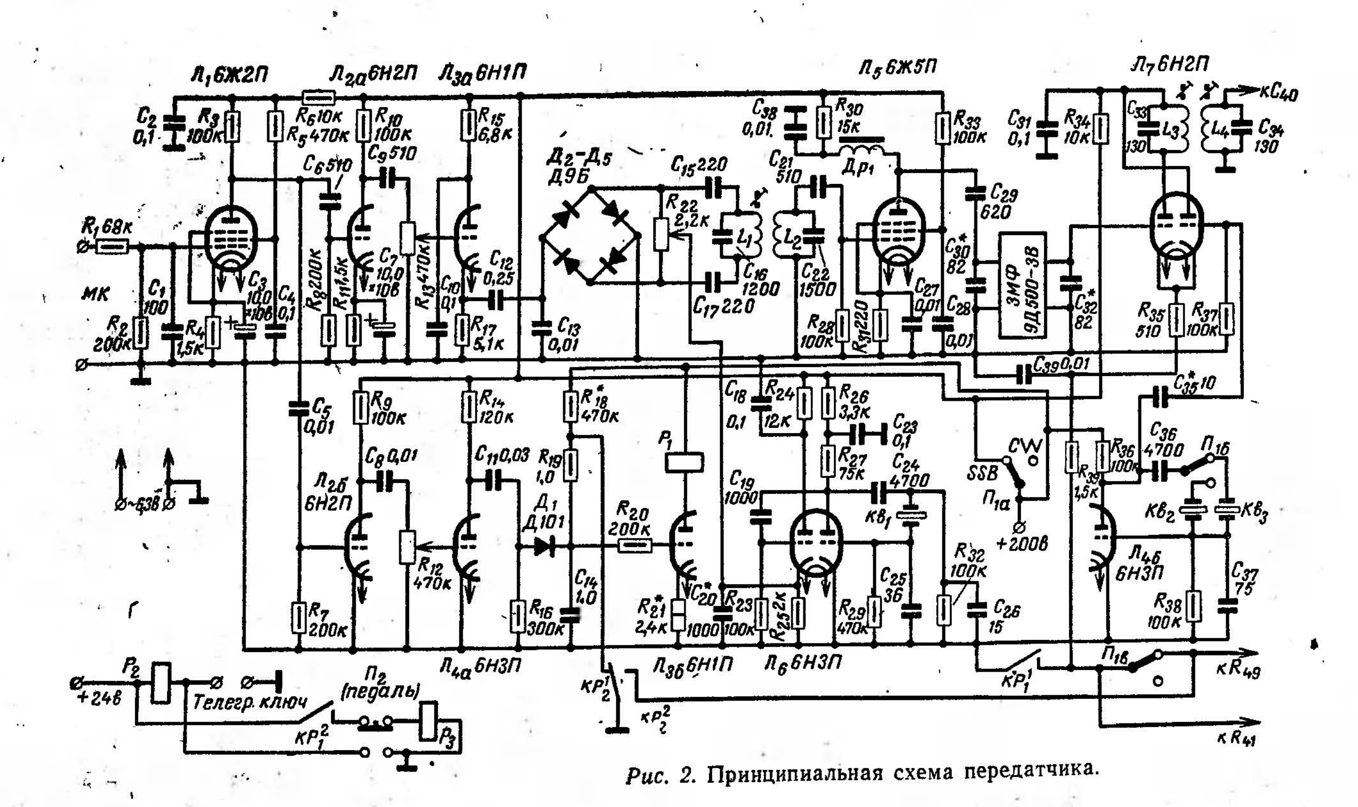


Рис. 2. Принципиальная схема передатчика.

рой каскад усиления НЧ ($Л_{2а}$) через конденсатор C_6 и на первый каскад усиления системы управления ($Л_{2б}$) через конденсатор C_5. Такое разделение каналов основного сигнала и сигнала управления выбрано не случайно. Дело в том, что для повышения разборчивости сигнала необходимо обеспечить подъем верхних частот речевого спектра, что достигается применением переходных конденсаторов (C_6, C_9) небольшой емкости. Амплитуда же сигнала в области верхних частот резко падает. Наоборот, для надежной работы системы управления выгодно выделять более низкие частоты, что и достигается применением разделительных конденсаторов (C_5, C_8) с большей емкостью.

С анодной нагрузки лампы $Л_{2а}$ — резистора R_{10} сигнал через регулятор уровня на резисторе R_{13} поступает на катодный повторитель (лампа $Л_{3а}$), а с выхода последнего — на балансный модулятор, собранный по кольцевой схеме на диодах $Д_2$—$Д_5$. Применение катодного повторителя вызвано необходимостью согласовать высокое выходное сопротивление усилителя НЧ с малым входным сопротивлением балансного модулятора.

На балансный модулятор также подается опорный сигнал с частотой 500 *кгц*, снимаемый с кварцевого гетеродина через катодный повторитель. Оба этих каскада собраны иа лампе $Л_6$.

Резистор R_{22} служит для балансировки модулятора.

К балансному модулятору подключен трансформатор, состоящий из связанных индуктивно контуров L_1, C_{16} и L_2, C_{22}. Со второго контура сигнал поступает на усилитель промежуточной частоты, собранный на лампе $Л_5$ по схеме параллельного питания. Нагрузкой усилителя является контур, составленный из входной катушки ЭМФ и конденсатора C_{30}. С выхода ЭМФ, настроенного в резонанс с помощью конденсатора C_{32}, сигнал попадает на первый смеситель (лампа $Л_7$), в котором смешивается с сигналом кварцевого гетеродина, собранного на лампе $Л_{4б}$, и далее — на второй смеситель ($Л_8$) (см. рис. 3).

Для того чтобы обойтись без промежуточных усилительных каскадов, в качестве второго и третьего смесителей применены односеточные смесители на лампах с высокой крутизной. Это обеспечило получение достаточ-

Рис. 3. Принципиальная схема передатчика

но большой амплитуды сигиала на выходе. Поэтому на управляющую сетку лампы $Л_8$ также подается и сигнал второго кварцевого гетеродина. Последний собран на лампе $Л_9$, левый триод которой работает как генератор на кварцах $Кв_4$—$Кв_9$, а правый — как усилитель—умножитель, необходимый для получения кратных частот. На эти частоты настроены контуры L_{11}, C_{53}—L_{16}, C_{58}, включенные в анодную цепь (см. табл. 1).

Таблица 1

Обозначение кварца	Частота, *Мгц*
$Кв_1$	0,5
$Кв_2$	5
$Кв_3$	4,5
$Кв_4$	6,55 (×2)
$Кв_5$	8,3 (×2)
$Кв_6$	6,8 (×2)
$Кв_7$	6,866 (×3)
$Кв_8$	6,9 (×4)
$Кв_9$	7,15 (×4)

Контуры L_5, C_{42}— L_{10}, C_{47} выделяют сигналы необходимых частот на выходе второго смесителя (см. рис. 1). Затем сигналы подаются на управляющую сетку лампы $Л_{10}$, работающей как третий смеситель передатчика. В этом каскаде происходит смешивание сигнала с сигналом генератора плавного диапазона.

Полученные в результате последнего преобразования сигналы частот любительских диапазонов усиливаются усилителем на лампе $Л_{11}$. Анодные контуры последних двух каскадов перестраиваются по диапазону сдвоенным блоком конденсаторов переменной емкости — C_{71}, C_{74}.

Далее сигнал усиливается предварительным усилителем на лампе $Л_{12}$ и усилителем мощности на лампе $Л_{15}$ с заземленными сетками (рис. 4). Анодные П-контуры этих каскадов коммутируются с помощью реле. В выходном каскаде применена последовательная схема питания. Анодное напряжение подается на лампу через последовательно соедииенные катушки L_{32}— L_{34}, а антенна через конденсатор C_{95} подключается к тому или иному

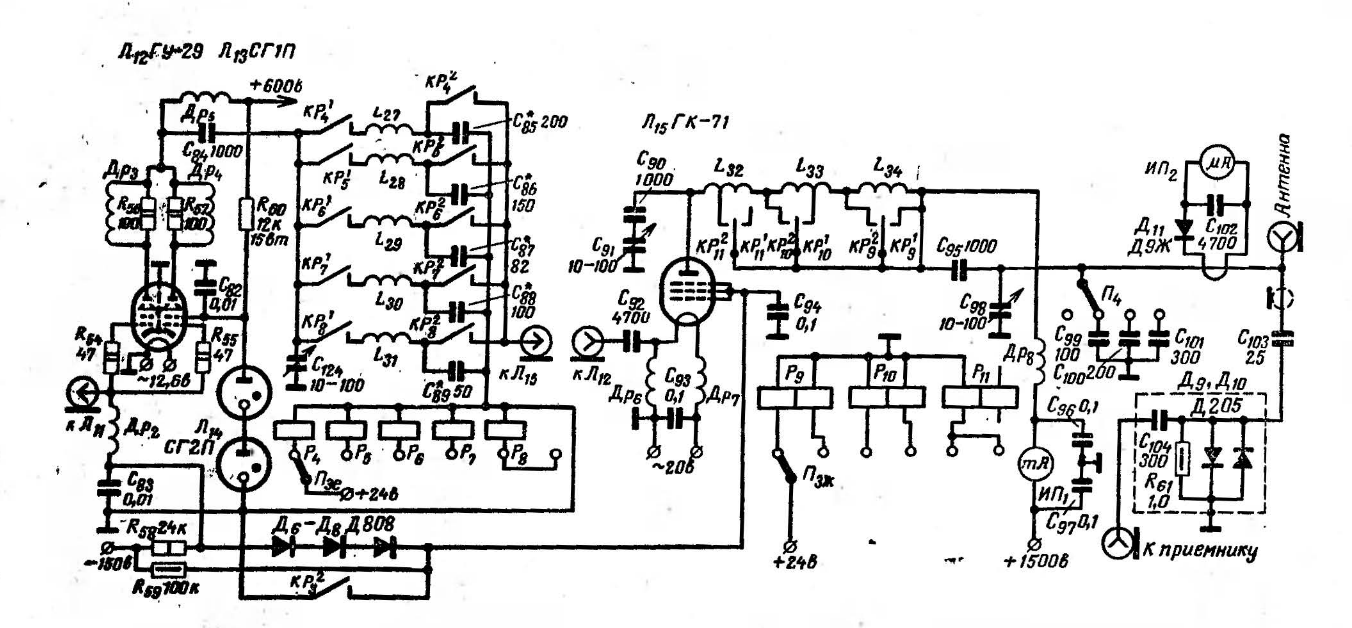


Рис. 4. Принципиальная схема передатчика

отводу с помощью контактов реле P_9—P_{11}. При этом часть витков катушек от анода до включенного контакта реле играет роль катушки контура, а остальная часть замыкается накоротко.

Анодный ток каскада контролируется миллиамперметром $ИП_1$, ток антенны — ВЧ индикатором, состоящим из микроамперметра $ИП_2$, диода $Д_{11}$ и витка связи, расположенного вокруг токонесущего проводника антенны.

Для возможности согласования с низкоомными антеннами применен переключатель $П_4$, подключающий дополнительные конденсаторы C_{99}—C_{101} параллельно конденсатору переменной емкости C_{98}. В случае применения конденсатора C_{98} с большой емкостью надобность в $П_4$ и C_{99}—C_{101} отпадает.

В передатчике установлено электронное реле на диодах $Д_9$ и $Д_{10}$, позволяющее использовать без дополнительных переключений одну антенну как для приемника, так и для передатчика.

Система автоматического управления передатчиком работает следующим образом. Усиленный двумя каскадами ($Л_{2б}$ и $Л_{4а}$) сигнал звуковой частоты выпрямляется диодом $Д_1$. Положительная полуволна сигнала одновременно открывает лампу $Л_{3б}$, в отсутствие сигнала запертую напряжением, падающим на резисторе R_{21}, и заряжает конденсатор C_{14}. В результате этого через лампу $Л_{3а}$ протекает ток, вызывающий срабатывание реле P_1. Этот ток течет и некоторое время (определяемое постоянной времени разряда конденсатора C_{14}) после прекращения действия НЧ сигнала.

Применение достаточно большого усиления управляющего сигнала вызвано желанием обеспечить более четкую работу системы управления. Действительно, сигнал большой амплитуды быстрее заряжает конденсатор C_{14}, уменьшая тем самым время «срезания» первых звуков, неизбежное во всех системах управления. Кроме того, запас усиления позволяет регулировать в широких пределах порог чувствительности устройства (с помощью резистора R_{12}).

Срабатывание реле P_1 приводит к ряду переключений. Прежде всего контактами KP_1^2 включается цепь питания реле P_3. Его контакты KP_3^1 включают анодное питание ламп $Л_{12}$ и $Л_{15}$. Контакты KP_1^1 соединяют с общим

проводом разомкнутые в режиме приема катодные цепи смесителей. До этого момента лампы $Л_{12}$ и $Л_{15}$ заперты напряжением 150 *в*, подаваемым на их сетки (это необходимо для устранения шума ламп в режиме приема). После замыкания контактов KP_1^1 и KP_3^1 замыкаются контакты KP_2^3. При этом сетки лампы $Л_{15}$ соединяются с общим проводом, а на управляющие сетки лампы $Л_{12}$ подается рабочее напряжение смещения (—24 *в*), стабилизированное стабилитронами $Д_6$—$Д_8$.

При нажатии ключа якорь реле P_2 перебрасывается, вначале размыкая контакт KP_2^1. При этом от источника 200 *в* через резисторы R_{18} и R_{19} начинает течь ток, который заряжает конденсатор C_{14}. Одновременно открывается лампа $Л_{3а}$, что вызывает описанные переключения.

Если переключатель $П_1$ находится в положении *CW*, контакт KP_2^2 замыкает цепь катода лампы $Л_{10}$, осуществляя телеграфную манипуляцию.

Переключатель $П_2$, оформленный в виде ножной педали, используется для настройки передатчика на частоту корреспондента без выхода в эфир. При нажатии педали вначале размыкается цепь питания реле P_3, вследствие чего два последних каскада не будут включены, и замыкаются контакты телеграфного ключа.

В передатчике применен заводской генератор плавного диапазона от радиостанции Р-641, контур которого помещен в термостат. Генератор снабжен оптической шкалой. Однако вполне возможно применение и самодельного генератора.

Принципиальная схема высокостабильного генератора плавного диапазона показана на рис. 5. Он состоит из задающего генератора, собранного по схеме Франклина на лампе $Л_{16}$, и катодного повторителя на лампе $Л_{17}$. Катодный повторитель одновременно выполняет функции буфера, исключая

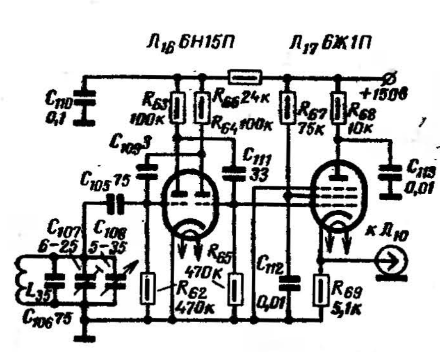


Рис. 5. Принципиальная схема высокостабильного генератора плавного диапазона

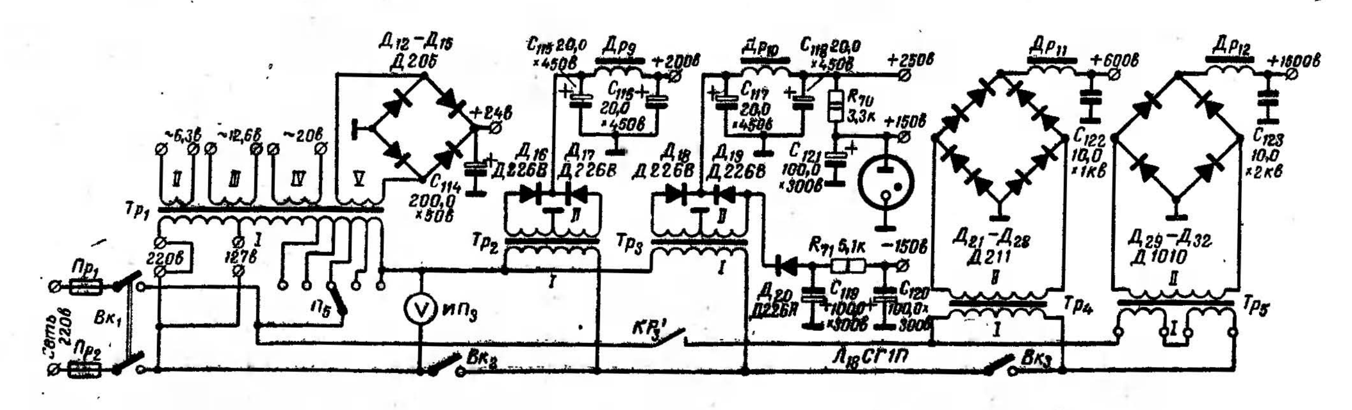


Рис. 6. Принципиальная схема блока питания

влияние нагрузки на задающий генератор, и усилителя с низким выходным сопротивлением, что позволяет передать сигнал по коаксиальному кабелю в блок формирователя сигнала.

Питание разных каскадов передатчика осуществляется от разных выпрямителей для устранения нежелательных влияний между каскадами.

Принципиальная схема блока питания представлена на рис. 6. Автотрансформатор Tp_1 служит для компенсации возможного падения напряжения сети, а также работает в качестве понижающего трансформатора, питающего цепи накала ламп и выпрямитель питания реле.

Остальные трансформаторы и выпрямители обеспечивают необходимые для передатчика напряжения питания анодных и экранных цепей.

Конструкция и детали. Передатчик выполнен в виде вертикальной напольной стойки (рис. 7). Блоки имеют следующие габариты: горизонтальное шасси 415×330 *мм* глубиной 70 *мм* и вертикальная передняя панель 370×295 *мм*. Каркас стойки собран из стальных уголков, обшитых панелями из дюралюминия. Блоки вдвигаются в стойку по направляющим уголкам и соединяются друг с другом с помощью многожильных кабелей, выполненных из проводов МГШВ и БПВЛ. Кабели оканчиваются штепсельными разъемами, ответные части которых укреплены на задних стенках шасси. Там же находятся и кабельные разъемы, служащие для вывода ВЧ сигналов.

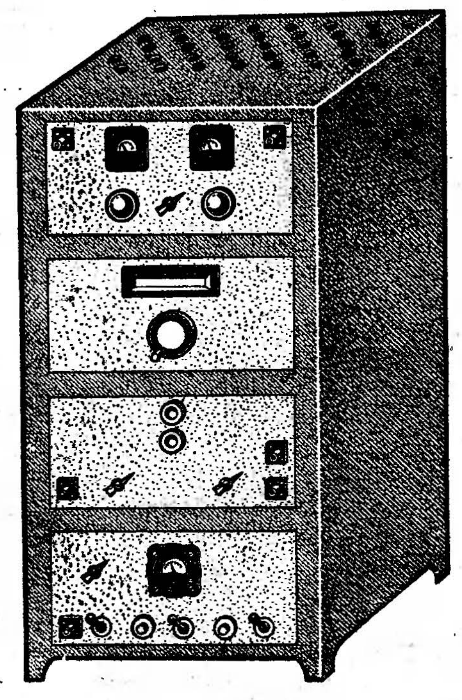


Рис. 7. Внешний вид передатчика

Расположение основных деталей показано на рис 8. Блоки усилителя мощности и генератора плавного диапазона имеют достаточно много свободного места. В первом случае это вызвано желанием уменьшить потери ВЧ мощности, во втором — типом применяемого готового генератора. В случае использования самодельного генератора от отдельного блока можно отказаться и разместить его в блоке формирователя сигнала.

В блоке питания сверху шасси установлены трансформаторы и дроссели, внизу — часть конденсаторов и диодов. Некоторые диоды укреплены непосредственно на трансформаторах. Высоковольтные конденсаторы C_{122} и C_{123} вынесены и установлены в углах на каркасе стойки вблизи соответствующих блоков.

Рис. 8. Расположение основных деталей

Основная часть деталей размещена в блоке формирователя сигнала, имеющего наиболее плотный монтаж. В задней части шасси, отделенной замкнутым в виде коробки экраном с рядами вентиляционных отверстий, собран каскад на лампе $Л_{12}$. Катушки индуктивности этого каскада установлены непосредственно на контактах реле P_4—P_8.

Оси конденсаторов C_{71}, C_{74} и C_{124} можно при желании соединить друг с другом (например, с помощью зубчатой передачи). При этом управление передатчиком еще более упростится.

Подвал шасси разделен на отсеки экранирующими перегородками. В отдельных отсеках размещены детали каскадов, собранных на лампах $Л_1$ и $Л_2$; $Л_6$; $Л_8$ и $Л_9$; $Л_{10}$; $Л_{11}$; $Л_{12}$.

Частоты кварцев передатчика показаны в табл. 1. В скобках дан номер используемой гармоники частоты кварца. В случае необходимости могут быть подобраны кварцы и на другие кратные частоты. При этом следует помнить, что с увеличением номера гармоники амплитуда сигнала резко уменьшается, так что использование гармоник выше четвертой нецелесообразно. Кроме того, сигналы основной частоты и низших гармоник могут проникнуть в смеситель и стать причиной излучений на побочных частотах.

Данные катушек индуктивности и дросселей сведены в табл. 2.

Реле $Р_1$ — типа РЭС-22, паспорт РФ4.500.125 (сопротивление обмотки 2,8 *ком*, ток срабатывания 10 *ма*). Реле $Р_2$ — типа РП-4, паспорт РС4.520.005, отрегулированное так, что якорь в обесточенном состоянии занимает одно крайнее положение. Реле $Р_9$—$Р_{11}$ — высокочастотные двухобмоточные, от радиостанции РСБ-5.

Для того чтобы в обесточенном состоянии якорь занимал нейтральное положение, реле укреплены якорем вниз. В качестве остальных реле радиолюбитель может использовать любые, имеющиеся в его распоряжении. Конструкция реле $Р_3$ должна позволять регулировать время замыкания контактов так, чтобы контакты $КР_3^2$ замыкались после того, как контакты $КР_3^1$ уже будут замкнуты. В противном случае контакты $КР_3^1$ могут подгореть, поскольку в момент замыкания будет наблюдаться большой бросок тока. В примененном автором экземпляре реле время замыкания регулировалось установлением разной величины зазоров между подвижными и неподвижными контактами. Контакты реле $Р_3$ должны быть рассчитаны на ток не менее 2 *а*. В качестве реле $Р_4$—$Р_8$ можно использовать любые высокочастотные реле, имеющие зазоры между контактами не менее 3—4 *мм*.

В передатчике использованы резисторы МЛТ-0,5, МЛТ-1 и МЛТ-2. Вместо МЛТ-0,5 в подавляющем большинстве случаев можно использовать резисторы мощ-

Таблица 2

Обозначение	Диаметр каркаса, *мм*	Число витков	Провод	Сердечник	Намотка
L_1	7	120	ПЭЛ 0,1	Альсиферовый	Внавал
L_2	7	120	ПЭЛ 0,1	»	»
L_3	7	25	ПЭЛ 0,1	»	»
L_4	7	25	ПЭЛ 0,1	»	»
L_5	10	46	ПЭЛ 0,12	Латунный	Рядовая
L_6	10	32	ПЭЛ 0,12	»	»
L_7	10	21	ПЭЛ 0,35	»	»
L_8	10	16	ПЭЛ 0,35	»	»
L_9	10	10	ПЭЛ 0,5	»	»
L_{10}	10	8	ПЭЛ 0,5	»	»
L_{11}	10	15	ПЭЛ 0,5	»	»
L_{12}	10	12	ПЭЛ 0,5	»	»
L_{13}	10	15	ПЭЛ 0,5	»	»
L_{14}	10	10	ПЭЛ 0,8	»	»
L_{15}	10	8	ПЭЛ 1,0	»	»
L_{16}	10	6	ПЭЛ 1,0	»	»
L_{17}, L_{22}	8	42	ПЭЛ 0,35	Альснферовый	Рядовая
L_{18}, L_{23}	8	29	ПЭЛ 0,5	»	»
L_{19}, L_{24}	8	12	ПЭЛ 0,8	»	»
L_{20}, L_{25}	8	8	ПЭЛ 1,0	»	»
L_{21}, L_{26}	8	5	ПЭЛ 1,0	»	»
L_{27}	40	28	ПЭЛ 1,0		Рядовая
L_{28}	25	18	ПЭЛ 1,0	Альсиферовый	»
L_{29}	25	8	ПЭЛ 2,0	»	»
L_{30}	30	5	ПЭЛ 2,0	»	Шаг 1 *мм*
L_{31}	30	4	ПЭЛ 2,0	»	»
L_{32}	60	5, отвод от 2	Трубка меднан, 4,0	»	Шаг 5 *мм*
L_{33}	60	15, отвод от 4	»	»	»
L_{34}	60	20	»	»	Шаг 3 *мм*
L_{35}	20	18	ПЭЛ 1,0	»	Рядовая
$Др_1$	5	350	ПЭЛ 0,1	Феррит	Внавал
$Др_2$	8	100	ПЭЛ 0,2	»	Прогрессивная, длииа 40 *мм*
$Др_3$, $Др_4$	Резистор МЛТ-2	5	ПЭЛ 1,0	»	Шаг 1,5 *мм*
$Др_5$	10	150	ПЭЛ 0,35	»	Прогрессивная, длииа 50 *мм*
$Др_6$, $Др_7$	15	20	ПЭЛ 1,4	»	Рядовая
$Др_8$	20	150	ПЭЛ 0,5	»	Прогрессивная, длина 80 *мм*

ностью 0,25 *вт*. Конденсаторы могут быть любых типов. В качестве C_{106} желательно применить керамический конденсатор типа КТК или КДКС, ТКЕ, М33 или М47 (голубого цвета). Конденсаторы C_{91} и C_{94} (особенно первый) должны иметь достаточно большой зазор между пластинами во избежание пробоя высокочастотным на-

Таблица 3

Обозначение по схеме	Номер обмотки	Число витков	Провод
$Тр_1$	*I*	430, отводы от 219, 362, 380, 396 и 415	ПЭВ-1 1,3
	II	12	ПЭВ-1 2,0
	III	24	ПЭВ-1 1,4
	IV	42	ПЭВ-1 1,4
	V	57	ПЭВ-1 0,47
$Тр_5$	*I*	252×2	ПБД 1,04
	II	3200	ПЭЛШО 0,44

пряжением. Рабочее напряжеиие конденсаторов C_{90}, C_{95}, C_{96}, C_{97} должно составлять 2,5 *кв*, а конденсаторы C_{99}, C_{100}, C_{101} должны выдерживать большие ВЧ напряжения.

В блоке питания применены два самодельных трансформатора. Их данные сведены в табл. 3. Автотрансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике Ш40×80 *мм*, $Тр_5$ — на иетиповом броневом сердечиике сечением около 50 *см*². В качестве $Тр_2$ использован трансформатор от вещательного радиоприемника мощностью около 100 *вт*, в качестве $Тр_3$ и $Тр_4$ — трансформаторы от телевизора КВН-49. Дроссели фильтров — также заводского изготовления, от телевизоров любых типов. Сердечники дросселей $Др_{11}$ и $Др_{12}$ разобраны и собраны вновь без зазора, «вперекрышку». Это необходимо для того, чтобы избежать резких колебаний выпрямленного напряжения при работе на SSB.

Налаживание передатчика относительно несложно и вполне доступно радиолюбителю средней квалификации.

Прежде всего, убедившись в правильности монтажа и наличии на электродах ламп напряжений, соответствующих их паспортным данным, следует проверить работу каскадов усиления НЧ. Проще всего это сделать, воспользовавшись звуковым генератором и осциллографом. Полоса частот усилителя основного сигнала должна иметь завал в области низких частот (около 200—300 *гц*). Особое внимание следует уделить борьбе с фоном переменного тока, который практически не должен прослушиваться.

В случае отсутствия приборов работу усилителя можно проверить на слух, подключив к его входу микрофон и контролируя качество звука на выходе катодного повторителя.

Попутно проверяют работу усилителей НЧ системы управления. Особых требований к качеству их работы не предъявляется.

После того как усилители НЧ будут налажены, приступают к налаживанию опорного кварцевого гетеродина. Колебания, генерируемые им, должны быть устойчивыми и не срываться при изменениях сетевого напряжения. Если гетеродин работает неустойчиво, следует несколько увеличить емкость конденсаторов C_{25} и C_{26}.

Затем переходят к налаживанию балансного модулятора. Диоды, используемые в нем, желательно подобрать так, чтобы их вольтамперные характеристики были по возможности одинаковы. В крайнем случае следует добиться примерного совпадения двух-трех точек на прямой ветви характеристики. При этом балансный модулятор сможет подавить несущую опорного сигнала на 20—30 *дб*.

При налаживании балансного модулятора прежде всего настраивают на частоту опорного сигнала контуры L_1, C_{16} и L_2, C_{21}, подключив к управляющей сетке лампы $Л_5$ ламповый вольтметр (по максимуму его показаний). После этого надо проверить балансировку балансного модулятора. При вращении движка R_{22} должен наблюдаться примерно в среднем его положении резкий минимум показаний вольтметра.

Следующая операция — настройка усилителя ПЧ. Она сводится к настройке в резонанс с частотой опорного сигнала контуров, образованных катушками ЭМФ и конденсаторами C_{30}, C_{32}. Для этого необходимо подать

на управляющую сетку лампы $Л_1$ напряжение от звукового генератора частотой 1—2 *кгц* и напряжением 10—15 *мв*, а к управляющей сетке лампы $Л_7$ подключить ламповый вольтметр. Следует заметить, что ввиду невысокой добротности контуров настройка будет не очень острой, поэтому вполне можно обойтись без подстроечных конденсаторов, лишь подбирая конденсаторы постоянной емкости.

На выходе ЭМФ будет получен сформированный SSB сигнал. Далее следует правильно установить частоту кварца $Кв_1$ относительно полосы пропускаиия ЭМФ и отрегулировать уровии сигналов НЧ и опорного ВЧ. Частота кварца $Кв_1$ должна быть ниже частоты нижнего среза полосы пропускания ЭМФ на 100—300 *кгц*. Частоту кварца можно понижать, нанося на его электроды тонкий слой графита (с помощью мягкого карандаша), и повышать, осторожно стирая ученической резинкой тонкий слой серебряного покрытия. Существуют и другие методы измеиения частоты, о которых неоднократно говорилось в радиолюбительской литературе, например в журнале «Радио». Контроль можно вести с помощью лампового вольтметра или в крайнем случае на слух, оценивая качество SSB сигнала по приемнику, имеющему частоту 500 *кгц*.

Когда частота кварца установлена, приступают к регулированию уровней сигиалов. ВЧ напряжение сигнала от опорного кварцевого гетеродина должно быть порядка 1 *в*. Этот уровень регулируют подбором емкости конденсатора C_{20}. НЧ напряжение, снимаемое с катода лампы $Л_{3а}$, следует установить в 10 раз меньшим ВЧ напряжения. В таком режиме балансный модулятор будет работать на квадратичном участке характеристики диодов и обеспечит наилучшее качество модуляции.

После этого переходят к налаживаиию последующих каскадов. Вначале добиваются устойчивой работы кварцевого гетеродина на лампе $Л_{4б}$ как с $Кв_2$, так и с $Кв_3$. Затем настраивают на частоту 5 *Мгц* контур L_3, C_{33}, L_4, C_{34} (например, с помощью ГСС и лампового вольтметра или используя ГИР). После этого подбирают емкость конденсатора C_{35}. Делают это следующим образом. Установив емкость заведомо большей (порядка 20—30 *пф*), замечают показания лампового вольтметра, подключенного к управляющей сетке лампы $Л_8$. При этом на сме-

ситель (лампа $Л_7$) должен быть подан SSB сигнал, например, так же, как при налаживании усилителя ПЧ на лампе $Л_5$. Уменьшают емкость до тех пор, пока амплитуда сигнала не начнет резко падать. Минимальная емкость, обеспечивающая сигнал достаточной амплитуды, и есть необходимая емкость. Далее следует убедиться, что при переводе переключателя $П_1$ в положение CW ВЧ сигнал на сетке $Л_8$ также имеет достаточную амплитуду (но не чрезмерно большую, что приведет к нарушению нормальной работы смесителя на лампе $Л_8$). В случае необходимости следует принять меры к регулировке его амплитуды, например, снимая ВЧ напряжение непосредственно с кварца $Кв_2$ через конденсатор небольшой емкости.

Аналогичным образом настраивают смесители на лампах $Л_8$ и $Л_{10}$ (добившись стабильной работы гетеродина на лампе $Л_9$). Следует заметить, что односеточные смесители весьма чувствительны к перегрузкам по входу. Малейшее превышение амплитуд входных сигналов немедленно приводит к резкому росту амплитуд побочных продуктов преобразования. Поэтому напряжения входных сигналов должны быть установлены минимальными. После этого обычным путем настраивают усилители.

Для того чтобы усилить полученный на выходе последнего смесителя сигнал, неизбежно приходится применять несколько каскадов усилителей, настроенных на одну частоту. В данной конструкции таких усилителей три. В связи с этим возникает большая опасность самовозбуждения из-за трудноустранимых паразитных связей — по цепям питания, через емкости монтажа, индуктивные и электростатические наводки. В ряде случаев устранение самовозбуждения представляет основную трудность при настройке передатчика. Поскольку пути, по которым образуются паразитные связи, могут быть самыми различными, различными бывают и методы борьбы с самовозбуждением. Тем не менее существуют и общие меры предотвращения этого явления: надежное экранирование каскадов, развязка цепей питания, включение в цепи сеток и анодов «антипаразитных» резисторов и дросселей (как это сделано в предварительном усилителе мощности, в котором включены резисторы R_{54}, R_{55}, R_{56}, R_{57} и дроссели $Др_3$, $Др_4$).

Налаживание остальных каскадов особенностей не имеет. Целесообразно только осуществить термокомпенсацию контура генератора плавного диапазона (L_{35}, C_{106}, C_{107}, C_{108}), а в системе управления подобрать сопротивления резисторов R_{18} и R_{21}.

При налаживании передатчика необходимо учесть, что приведенные в табл. 2 данные катушек являются ориентировочными, поэтому может потребоваться некоторое их уточнение.

Передатчик эксплуатируется автором в течение нескольких лет. Случаев отказа за все это время не наблюдалось (за исключением нескольких выходов из строя ламп).

ОБМЕН ОПЫТОМ

ЧЕРТЕЖНЫЕ ТРАФАРЕТЫ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

М. Павлов

При составлении и черчении различных электро- и радиотехнических схем очень удобно пользоваться специальными трафаретами, значительно сокращающими расход времени и сил. На рис. 1 показан в масштабе 1 : 2 чертежный трафарет условных графических обозначений, из которых состоят принципиальные электрические схемы. При разработке трафарета учтены требования стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), введенной с 1 января 1971 г. вместо ГОСТ 7624-62. На рис. 2 изображен другой чертежный трафарет, предназначенный для вычерчивания упрощенных изображений различных радиодеталей при составлении монтажных схем.

Трафареты представляют собой прямоугольные пластины из тонкого прозрачного бесцветного или цветного материала, по площади которых вырезаны отверстия — трафареты с очертаниями, соответствующими условным графическим обозначениям и упрощенным изображениям различных радиодеталей. Трафареты можно сделать самостоятельно, для чего потребуется самый простой инструмент, имеющийся у каждого радиолюбителя, немного терпения и аккуратности.

Заготовки для трафаретов вырезают из целлулоида или винипроза толщиной от 0,4 до 0,7 *мм*. На рис. 3 показаны чертежная доска с линейкой, чертеж трафарета и его заготовка, подготовленные к основной и ответственной операции — разметке заготовки.

Рекомендуется следующая последовательность разметки. Первоначально намечают шилом центры всех круглых и овальных отверстий. Затем, используя чертежные угольники с различными острыми углами (15° и 75°, 30° и 60°, 45° и 45°), острым ножом или резцом, сделанным из куска ножовочного полотна, переносят на за-

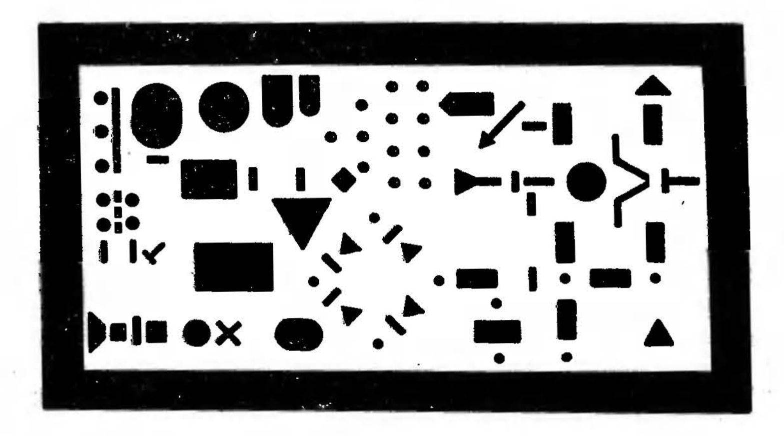


Рис. 1. Чертежный трафарет условных графических обозначений элементов принципиальных электрических схем

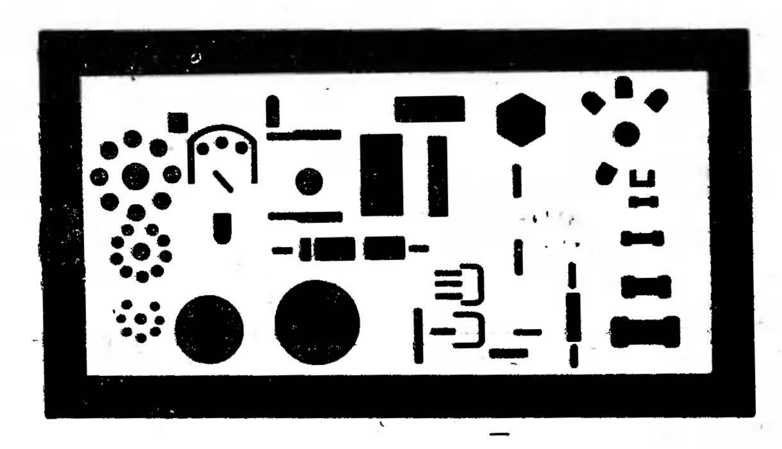


Рис. 2. Чертежный трафарет условных графических обозначений элементов монтажных электрических схем

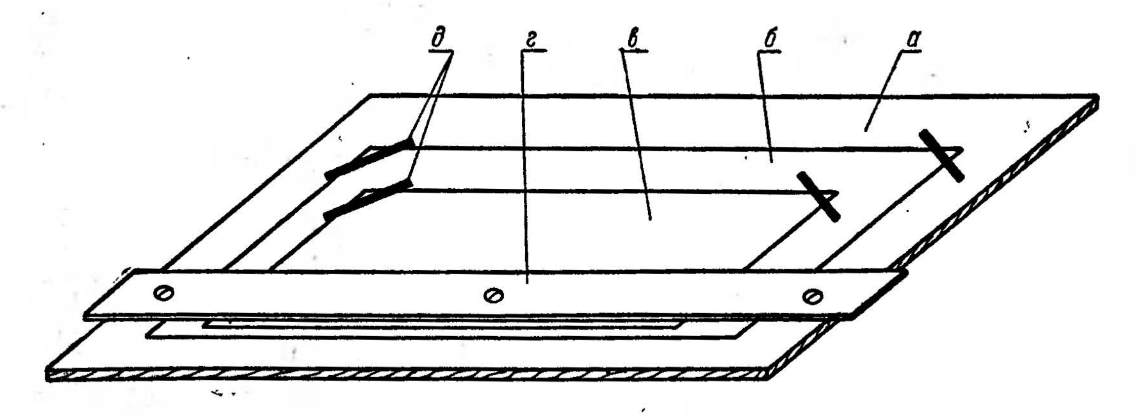


Рис. 3. Подготовка рабочего места для разметки заготовки

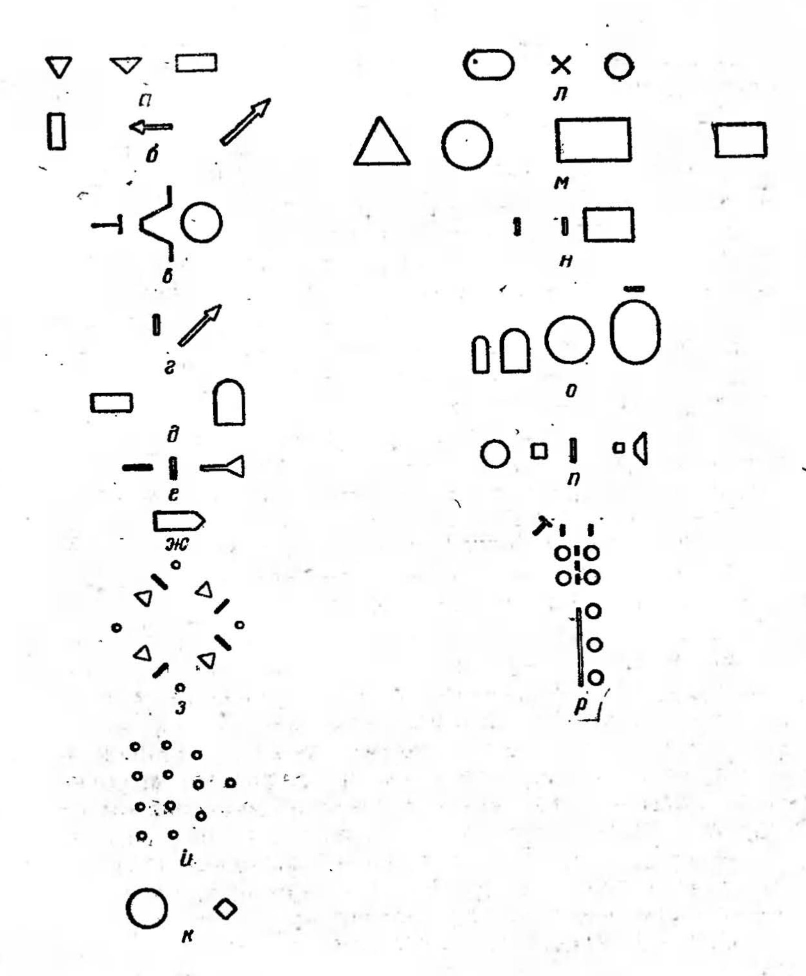


Рис. 4. **Группа отверстий на первом трафарете**

готовку все линии чертежа. После окончания разметки, прежде чем снять заготовку с доски, необходимо подложить под нее бумагу, окрашенную в какой-либо темный цвет. На фоне этой бумаги линии, сделанные на заготовке, будут хорошо видны и можно будет провести все пропущенные и зачеркнуть излишние линии.

Первыми на заготовке вырезают все круглые отверстия малого диаметра с помощью надфиля круглого сечения, укрепленного в ручной дрели, зажатой в настольных тисках. Надфиль следует вращать против часовой стрелки. Предварительно рабочий конец надфиля затачивают на конус с гранями и надевают на него шайбу, которая будет служить ограничителем, обеспечивающим получение без измерений отверстий одинакового диаметра. Образующиеся заусеницы удаляются лезвием безопасной бритвы. Круглые и овальные отверстия большого диаметра прорезают циркулем по металлу, одну ножку которого затачивают как резец, а остальные отверстия — лезвием безопасной бритвы.

Необходимые исправления (заделку лишних прорезей и трещин) делают специальным клеем, состоящим из опилок материала заготовки и растворителя. Для целлулоида растворителем должен быть ацетон, для винипроза — дихлорэтан. Следует помнить, что оба эти растворителя — весьма ядовитые вещества, обращаться с которыми нужно с особой осторожностью.

На рис. 4 показаны отверстия на первом трафарете и группы их, предназначенные для вычерчивания различных условных обозначений, чертят обозначения шариковой авторучкой. Сложные условные графические обозначения, элементы и части которых близко расположены друг другу либо соприкасаются, на трафаретах выполнены раздельно, вследствие чего такие обозначения вычерчивают по частям, совмещая этн разнесенные отверстия. Например, для того чтобы начертить условное обозначение транзистора, нужно сначала с помощью отверстия «к» изобразить корпус транзистора, затем внутри корпуса через отверстие «в» нанести базу, эмиттер и коллектор.

Условные графические обозначения катушек индуктивности и различных трансформаторов выполняют в два приема. Сначала вычерчивают только полуокружности, затем, смещая трафарет на один диаметр отверстия,—

другие полуокружности, которые займут места между ранее начерченными.

Условные обозначения диодов и мостовых диодных выпрямителей чертят в два приема. Первоначально выполняют обозначения отрицательных электродов (катодов) и точек соединения, затем, сдвигая трафарет, все положительные электроды (аноды) и соединения.

Условные обозначения конденсаторов вычерчивают с помощью отверстия «г» следующим образом: сначала одну обкладку, а затем, сдвигая трафарет, другую обкладку.